

**APOYO TÉCNICO A LA GESTIÓN DEL RIESGO Y EL COMPONENTE GEOLÓGICO EN LA SECRETARIA
DE INFRAESTRUCTURA ALCALDIA MAYOR DE TUNJA**

JUAN DAVID FONSECA FONSECA

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA

U.P.T.C.

FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO

ESCUELA DE INGENIERIA GEOLOGICA

SOGAMOSO

2018

**APOYO TÉCNICO A LA GESTIÓN DEL RIESGO Y EL COMPONENTE GEOLÓGICO EN LA SECRETARIA
DE INFRAESTRUCTURA ALCALDIA MAYOR DE TUNJA**

JUAN DAVID FONSECA FONSECA

**Trabajo de grado para obtener el título de Ingeniero Geólogo
Modalidad de práctica empresarial**

Directora

INÉS VERGARA

Ingeniera Geóloga, MSc. Hidrología y Gestión de Recursos Hídricos

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA

U.P.T.C.

FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO

ESCUELA DE INGENIERIA GEOLOGICA

SOGAMOSO

2018

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

M. J. Martínez P.

Jurado

[Signature]

Jurado

Tabla de contenido

1.	OBJETIVOS	16
1.1	OBJETIVO GENERAL.....	16
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
2.	GENERALIDADES.....	17
2.1	MARCO JERÁRQUICO DE DEPENDENCIA DE LA SECRETARÍA EN EL GOBIERNO MUNICIPAL..	17
2.1.1	MISIÓN	18
2.1.2	FUNCIONES.....	18
2.1.3	SERVICIOS QUE OFRECE	19
2.2	Actuación de la alcaldía frente a situación de riesgo de la comunidad ante un problema geológico	19
2.2.1	PROCESOS EROSIVOS QUE REPRESENTAN UN RIESGO PARA LA COMUNIDAD.....	20
2.3.	Funciones del pasante.....	21
3.	MARCO CONCEPTUAL	22
3.1	MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA	22
3.1.1	DESLIZAMIENTOS	22
3.1.1.1	DESLIZAMIENTO ROTACIONAL.....	23
3.1.1.2	DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL.....	23
3.1.2	FLUJOS.....	23
3.1.2.1	FLUJO DE TIERRA	24
3.1.2.2	FLUJO DE DERRUBIOS.....	24
3.1.3	CAIDA DE ROCAS	25
3.1.5	REPTACIÓN	26
3.2	MOVIMIENTOS EN MASA EN COLOMBIA.....	28
3.2.1	MOVIMIENTOS EN MASA EN TUNJA	28
3.3	DEGRADACION DE LOS SUELOS.....	29
3.3.1	DEGRADACION DE LOS SUELOS POR EROSIÓN	29
3.3.2	GESTIÓN ANTE LA DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS POR EROSIÓN	31
3.3.3	TIPOS DE EROSIÓN	31
3.3.3.1	EROSIÓN HÍDRICA.....	31
3.3.3.2	EROSIÓN EÓLICA	31
3.3.3.3	EROSIÓN GLACIAR	32
3.3.3.4	EROSIÓN ANTRÓPICA	32
Capítulo 1.	33

4.	ACOMPANAMIENTO AL CONTRATO SMC-ATM-152-2017, DENOMINADO “CLASIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ZONAS DE INESTABILIDAD GEOLÓGICA Y ZONAS EROSIVAS TIPO CÁRCAVA33	
4.1	METODOLOGIA.....	33
4.2	DESCRIPCIÓN DE MOVIMIENTOS EN MASA Y PROCESOS DE EROSION EN LA CIUDAD DE TUNJA.....	33
4.3	INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA EN TUNJA	79
4.4	INVENTARIO DE ZONAS EROSIVAS TIPO CARCAVA EN TUNJA	80
Capítulo 2	83
5.	CONCEPTOS TÉCNICOS SOBRE VISITAS REALIZADAS POR LA SECRETARÍA A SOLICITUD DE LA COMUNIDAD	83
5.1	INFORME N°1 - INFORME VISITA TECNICA No. CMGDR 2017 1.10-6-2-263.....	83
5.2	INFORME N°2 - INFORME VISITA TECNICA No. CMGDR 2017 1.10-6-2-263.....	85
5.3	INFORME N°3 - INFORME VISITA TECNICA No. CMGDR 2017 1.10-6-2-263.....	88
5.4	INFORME N°4 - INFORME VISITA TECNICA No. CMGDR 2017 1.10-6-2-263.....	90
Capítulo 3	92
6.	BALANCE HIDRICO PARA EL CASCO URBANO DE LA CIUDAD DE TUNJA.....	92
6.1	ESTADO DE LA INFORMACIÓN	92
6.1.1	¿Qué es el suelo?.....	92
6.1.2	Insumos básicos para la realización del balance hídrico.....	93
6.1.3	USO ACTUAL Y COBERTURA DEL SUELO.....	93
6.1.3.1	COBERTURA VEGETAL PARA EL AREA INFLUENCIA DE LA ZONA DE ESTUDIO	93
6.2	Metodología CORINE Land Cover.....	94
6.2.1	TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	97
6.2.1.1	Zonas urbanizadas.....	97
6.2.1.1.1	TEJIDO URBANO CONTINUO	98
6.2.1.1.2	Tejido urbano discontinuo	100
6.2.1.2	ZONAS INDUSTRIALES O COMERCIALES Y REDES DE COMUNICACIÓN	101
6.2.1.2.1	Aeropuertos	101
6.2.1.2.2	Obras hidráulicas.....	101
6.2.1.3	ZONAS VERDES ARTIFICIALIZADAS, NO AGRÍCOLAS	102
6.2.1.3.1	ZONAS VERDES URBANAS	102
6.2.1.3.2	INSTALACIONES RECREATIVAS	102
6.2.2	TERRITORIOS AGRICOLAS.....	103
6.2.2.1	PASTOS	104

6.2.2.1.1 Pastos limpios.....	105
6.2.2.1.2 Pastos arbolados	106
6.2.2.2 ÁREAS AGRÍCOLAS HETEROGÉNEAS.....	107
6.2.2.2.1 MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	107
6.2.2.2.2 MOSAICO DE PASTOS CON ESPACIOS NATURALES.....	108
6.2.3 BOSQUES Y AREAS SEMINATURALES	109
6.2.3.1 BOSQUES	109
6.2.3.1.1 BOSQUE ABIERTO	110
6.2.3.1.2 BOSQUE FRAGMENTADO	111
6.2.3.2 ÁREAS CON VEGETACIÓN HERBÁCEA Y/O ARBUSTIVA.....	112
6.2.3.2.1 ARBUSTAL.....	112
6.2.3.2.1.1 Arbustal denso	113
6.2.3.3 ÁREAS ABIERTAS, SIN O CON POCA VEGETACIÓN	113
6.2.3.3.1 TIERRAS DESNUDAS Y DEGRADADAS.....	113
6.2.4 SUPERFICIES DE AGUA.....	115
6.2.4.1 AGUAS CONTINENTALES	115
6.2.4.1.1 RÍOS	115
6.2.4.1.2 CUERPOS DE AGUA ARTIFICIALES	116
6.2.5 MAPA COBERTURA VEGETAL EN EL CASCO URBANO DE TUNJA	117
2.6.2 USO DEL SUELO PARA LA ZONA DE ESTUDIO.....	118
6.2.6.1 MAPA USO DEL SUELO EN EL CASCO URBANO DE TUNJA	119
6.2.6.2 MAPA UNIDADES GEOTÉCNICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	120
6.2.7 Calculo del número de curva (CN).....	127
6.2.7.1 MAPA “CN” EN EL CASCO URBANO DE TUNJA.....	130
6.2.8 Calculo de la retención potencial máxima (S)	131
6.2.8.1 MAPA RETENCIÓN POTENCIAL MÁXIMA EN EL CASCO URBANO DE TUNJA	133
6.2.9 ANÁLISIS HIDROLOGICO	134
6.2.9.1 CARACTERIZACION HIDROLOGICA	134
6.2.9.1.1 PRECIPITACIÓN.....	134
6.2.9.1.2 ZONAS DE RECARGA.....	134
6.2.9.2 DISTRIBUCION ESPACIAL DE LAS PRECIPITACIONES EN LA ZONA DE ESTUDIO	136
6.2.9.2.1 ZONA SUR DE LA CIUDAD (PARTE ALTA DE LA CUENCA)	136
6.2.9.2.2 ZONA NORTE DE LA CIUDAD (PARTE MEDIA Y BAJA DE LA CUENCA)	136

6.2.10 ANALISIS DE LAS PRECIPITACIONES EN ESTACIONES DEL ÁREA DE ESTUDIO	137
6.2.11 PRECIPITACIÓN MEDIA POR MÉTODO DE LAS ISOYETAS.....	141
6.2.12 TEMPERATURA	142
6.2.13 HUMEDAD RELATIVA	143
6.2.14 EVAPORACIÓN	144
6.2.15 EVAPOTRANSPIRACIÓN	145
6.2.16 ESCORRENTÍA (Q)	148
6.3 BALANCE HIDRICO	150
CONCLUSIONES	151
BIBLIOGRAFIA	153
LISTA DE ANEXOS DIGITALES.....	154

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1: Información histórica de movimientos en masa en la ciudad.
- Tabla 2: Movimientos presentes en la ciudad de Tunja, importancia y estado del mismo.
- Tabla 3: Relación zonas erosivas, formación geológica y estado de meteorización.
- Tabla 4: Distribución y área de los territorios de acuerdo al primer nivel.
- Tabla 5: Distribución y área de los territorios de acuerdo al segundo nivel.
- Tabla 6: Unidades de coberturas de la tierra para los territorios artificializados.
- Tabla 7: Distribución y área de coberturas de acuerdo al tercer nivel.
- Tabla 8: Tabla 8. Unidades de coberturas de la tierra para los territorios agrícolas.
- Tabla 9: Unidades de coberturas de la tierra para los bosques y áreas seminaturales.
- Tabla 10: Unidades de coberturas de la tierra para las superficies de agua.
- Tabla 11: Tabla 10. Unidades de coberturas de la tierra para las superficies de agua.
- Tabla 12: Unidades geotécnicas del casco urbano ciudad de Tunja.
- Tabla 13: Área y número de polígonos para cada grupo hidrológico del área de estudio.
- Tabla 14: Valores de número de curva para diferentes grupos hidrológicos y de usos de suelo.
- Tabla 15: Grupo hidrológico y numero de polígonos resultantes de la sobre posición del mapa geotécnica.
- Tabla 16: Clasificación según el uso del suelo para polígonos presentes en el área de estudio.
- Tabla 17: Clasificación según el uso del suelo para polígonos presentes en el área de estudio.
- Tabla 18: Clasificación CN grupo hidrológico B.
- Tabla 19: Clasificación CN grupo hidrológico C.
- Tabla 20: Clasificación CN grupo hidrológico D.
- Tabla 21: Porcentajes de territorio afectado por lluvias excesivas, normales o deficitarias. En sombreado amarillo o azul se destacan los casos en que el territorio afectado es mayor al 50 %
- Tabla 22: Estaciones utilizadas para el análisis de temperatura.
- Tabla 23: Resultados ETP corregida y sin corregir.
- Tabla 24: Estaciones interpoladas para el parámetro ETP media.
- Tabla 25: Valores de Escorrentía (Q), déficit e infiltración para el área de estudio.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Dependencias de apoyo de la Alcaldía Mayor de Tunja.

Figura 2: Metodología para caso puntual del proceso erosivo el cual representa un riesgo para la comunidad.

Figura 3: Metodología general para casos en los que el proceso erosivo representa un riesgo para la comunidad

Figura 4: Tipos de movimientos en masa – Adaptado: J. Montero. Estabilidad de taludes. Conferencia Universidad Nacional de Colombia, Manizales, 1995.

Figura 5: Esquema de deslizamiento rotacional (A) y traslacional (B)

Figura 6: Esquema de un flujo de tierra.

Figura 7: Esquema de una corriente de derrubios.

Figura 8: Esquema de un desprendimiento

Figura 9: Esquema del vuelco de una masa rocosa desprendida del sustrato rocoso

Figura 10: Detalle de árboles inclinados por la reptación superficial del terreno

Figura 11: Esquema de reptación superficial en una ladera

Figura 12: Condiciones aumentan la amenaza por movimientos en masa – Adaptado DPAE

Figura 13: Relación de número de personas afectadas con movimientos en masa.

Figura 14: Mapa de degradación de suelos por erosión en Colombia

Figura 15: Estadísticas de tipos de movimientos encontrados en el área de estudio.

Figura 16: Estadísticas de importancia de los movimientos encontrados en el área de estudio según el formato SIMMA

Figura 17: Relación zonas erosivas y formación geológica en la que se desarrollan.

Figura 18: Estadísticas relación entre zonas erosivas y estado de meteorización.

Figura 19: Diagrama suelo.

Figura 20: Criterios para la clasificación de los bosques

Figura 21: Clasificación Uso del suelo para centro comercial Unicentro.

Figura 22: Distribución porcentual de grupos hidrológicos de los suelos en base a la clasificación geotécnica del casco urbano de Tunja.

Figura 23: Áreas de cada grupo hidrológico en el área de estudio en Km²

Figura 24: Ejemplo de clasificación de número de curva para un polígono.

Figura 25: Subdivisión de un polígono tras la superposición del mapa geotécnico

Figura 26: Valor de CN para cada subdivisión del polígono.

Figura 27: Límite entre dos unidades geotécnicas en un polígono perteneciente a tejido urbano continuo

Figura 28: Clasificación del número de curva para un polígono correspondiente a tejido urbano continuo en donde se encuentran 2 unidades geotécnicas diferentes. Fuente Mapa CN.

Figura 29: Aplicación de la fórmula de retención potencial máxima con la herramienta Raster Calculator.

Figura 30: Valor de CN y S para un polígono correspondiente a una zona residencial.

Figura 31: Mapa geológico de la zona de estudio, escala 1:100.000.

Figura 32: Perfil geológico casco urbano y sinclinal de Tunja.

Figura 33: Precipitación media mensual para estación UPTC.

Figura 34: Mapa de precipitación en el área de estudio

Figura 35: Mapa de Temperatura media en el área de estudio.

Figura 36: Mapa de humedad relativa en el área de estudio.

Figura 37: Mapa de evaporación en el área de estudio.

Figura 38: Mapa de evapotranspiración en el área de estudio

Figura 39: Escorrentía (Q) para el área de estudio.

Figura 40: Balance hídrico para el casco urbano de Tunja.

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1: Deslizamiento de tierra ocurrido en la vía Medellín-Bogotá año 2016

Imagen 2: Flujo de tierra en “La Conchita” California (EEUU) en 2005

Imagen 3: Corriente de derrubios que ocurrió en Senet (Cataluña) en agosto de 1963

Imagen 4: Viviendas localizadas en la pata y corona del talud las cuales presentan riesgo frente al movimiento de remoción en masa.

Imagen 5: Vista del movimiento desde la vía privada en donde se aprecia la erosión en cárcava y algunas zonas con surcos

Imagen 6: Corona del talud en donde hay presencia de varias viviendas que cuales actúan como carga

Imagen 7: Evidencia de reptaciones que presenta la zona lateral izquierda del deslizamiento.

Imagen 8: Afectación a vía principal y vía secundaria.

Imagen 9: Ladera erosiva en la cual se presenta el avanzado proceso de la cárcava vista en su totalidad.

Imagen 10: Sector lateral derecho de la cárcava donde se evidencia proceso avanzado

Imagen 11: Características del proceso erosivo la visita N°4.

Imagen 12: Características del proceso erosivo en el sector nororiental del aeropuerto Gustavo Rojas Pinilla.

Imagen 13: Proceso erosivo intenso en donde se evidencia la cercanía a zonas residenciales.

Imagen 14: Grietas de tensión desarrolladas en el relleno evidenciadas en cercanía a zonas residenciales.

Imagen 15: Proceso erosivo intenso en donde se evidencia la cercanía a zonas residenciales.

Imagen 16: Encajonamiento de la vivienda contra el talud en estado completamente vertical

Imagen 17: Características del proceso erosivo N° 8 visto en campo

Imagen 18: Características del proceso erosivo N° 9 visto en campo

Imagen 19: Características del proceso erosivo N° 10 visto en campo

Imagen 20: Características del proceso erosivo N° 11 visto en campo

Imagen 21: Características del proceso erosivo N° 12 visto en campo

Imagen 22: Características del proceso erosivo en el costado derecho

Imagen 23: Características del proceso erosivo en la parte central izquierda, se evidencia una mala disposición de los gaviones

Imagen 24: Características del proceso erosivo N° 14 visto en campo

Imagen 25: Características del proceso erosivo N° 15 visto en campo

Imagen 26: Características del proceso erosivo N° 16 visto en campo

Imagen 27: Características del proceso erosivo N° 17 visto en campo

Imagen 28: Características del proceso erosivo N° 18 visto en campo

Imagen 29: Torres de apartamentos afectadas por problemas estructurales

Imagen 30: Características del proceso erosivo N° 19 visto en campo.

Imagen 31: Características del proceso erosivo N° 20 visto en campo.

Imagen 32: Características del proceso erosivo N° 21 visto en campo.

Imagen 33: Características del proceso erosivo N° 22 visto en campo.

Imagen 34: Características del proceso erosivo N° 23 visto en campo.

Imagen 35: Características del proceso erosivo N° 24 visto en campo.

Imagen 36: Características del proceso erosivo N° 25 visto en campo.

Imagen 37: Afectación de la vivienda Visita N°1

Imagen 38: Afectación de la vivienda por MRM Visita N°2

Imagen 39: Alta plasticidad del suelo del terreno afectado

Imagen 40: Evidencias de afectación en la vivienda correspondiente a la visita N°3

Imagen 41: Evidencias de afectación en la vivienda correspondiente a la visita N°4

Imagen 42: Ortofoto casco urbano ciudad de Tunja.

Imagen 43: Fotografía aérea de conjuntos residenciales correspondiente a la clasificación en polígonos de territorios artificializados mediante el uso del SIG ArcGIS 10.2.2.

Imagen 44: Fotografía aérea correspondiente al centro histórico de la ciudad de Tunja, en tono rojizo se clasifica el tejido urbano continuo y en tonos más claros se evidencian tejidos urbanos discontinuos

Imagen 45: Fotografía de campo correspondiente a la Plaza de Bolívar, centro histórico de la ciudad de Tunja, y clasificado como tejido urbano continuo

Imagen 46: Fotografía aérea de la delimitación de un tejido urbano discontinuo correspondiente al Batallón de la ciudad de Tunja, el cual presenta prados y zonas verdes. Adyacente se encuentran pastos limpios, herbazales y una porción de tejido urbano continuo

Imagen a 47: Prados y zonas verdes asociado a la infraestructura del canton militar en el sector fuente higueras.

Imagen 48: Aeropuerto Gustavo Rojas Pinilla. de la ciudad de Tunja el cual no se encuentra en operación. Se encuentra en una zona que también presenta bosques fragmentados hacia la parte oriental, arbustales a la parte occidental y algunas otras áreas como pastos limpios y arbolados

Imagen 49: Obras hidráulicas realizadas por el acueducto de la ciudad de Tunja, en este caso cunetas en el sector del batallón

Imagen 50: Obras de acueducto y alcantarillado en el sector Fuente Higueras.

Imagen 51: Instalaciones recreativas correspondientes a zonas deportivas de la zona de estudio.

Imagen 52: Estadio La Independencia.

Imagen 53: Instalaciones recreativas del Parque Biblioteca.

Imagen 54: Polígonos de pastos, en este caso de color azul agua marina correspondiente a pastos arbolados ubicados en la parte norte de la ciudad.

Imagen 55: Pastos limpios adyacentes al canton militar ubicado en la parte centrooriental de la ciudad de Tunja.

Imagen 56: Pastos limpios correspondientes al sector fuente Higueras, adyacente al canton militar, se evidencia una amplia planicie de muy baja altura con respecto a la ciudad.

Imagen 57: Poligono de pastos arbolados presentes en el Suroriente del casco urbano de la ciudad de Tunja.

Imagen 58: Pastos arbolados ubicados en las zonas planas de Tunja en cercanias a la Villa olimpica, como se evidencia los arboles no superan mas de 50% del area total del poligono.

Imagen 59: Poligono correspondiente a la unidad de mosaico de pastos y cultivos en la parte noroccidental de la ciudad en donde claramente se pueden ver los surcos de los cultivos.

Imagen 60: Mosaico agrícola en el altiplano de Tunja, donde predomina el cultivo intensivo de la papa y pastizales adyacentes.

Imagen 61: Mosaico de pastos con espacios naturales pertenecientes a la vega del Rios Chulo, Sector avenida universitaria.

Imagen 62: Avenida universitaria. Sector clinica ESIMED Tunja.

Imagen 63: Bosque abierto correspondiente a la zona nororiental de la ciudad de Tunja.

Imagen 64: Fotografia de campo bosque abierto ubicado en el nororiente de Tunja.

Imagen 65: Fotografia de un poligono correspondiente a bosque fragmentado con vegetacion secundaria.

Imagen 66: Bosque fragmentado con vegetación secundaria en donde se puede observar la recuperación del pasto tras la intervención del ser humano. Sector escuela normal superior Via Tunja – Barbosa

Imagen 67: Fotografía de vegetación arbustiva en el noroccidente de la ciudad.

Imagen 68: Fotografía de Campo de vegetación arbustiva en el barrio Simón Bolívar al Sur de la ciudad. Se puede observar el límite con parte del área residencial y con unidades de pastos limpios.

Imagen 69: Fotografía aérea correspondiente a tierras con escasa cobertura, en un tono café amarillento se encuentra el polígono y adyacente se encuentra un polígono de la unidad de bosque fragmentado

Imagen 70: Fotografía de campo perteneciente a una zona con escasa vegetación la cual presenta erosión en surcos.

Imagen 71: Zona de cárcava en sector urbano de la ciudad la cual presenta cobertura vegetal

Imagen 72: Recorrido del Río Jordán a la altura de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia en dirección de sur a norte.

Imagen 73: Fotografía aérea correspondiente al parque biblioteca.

Imagen 74: Parque biblioteca de la ciudad de Tunja, se observa la presencia de un cuerpo de agua artificial de un tamaño no mayor a 300m²

INTRODUCCIÓN

El presente documento “Apoyo técnico a la gestión del riesgo y el componente geológico” es una recopilación sobre las actividades, conceptos y productos desarrollados durante la práctica profesional realizada en la Secretaría de Infraestructura de la Alcaldía Mayor de Tunja, en el periodo comprendido entre los meses de octubre a diciembre de 2017, aplicando temas geológicos e ingenieriles en la solución de problemas de la comunidad.

El documento se divide en tres capítulos, que sintetizan diferentes aspectos desarrollados durante la pasantía.

El primer capítulo recoge el informe de acompañamiento al contrato SMC-ATM-152-2017, denominado “Clasificación y caracterización de zonas de inestabilidad geológica y zonas erosivas tipo cárcava, como insumo para la actualización y creación de escenarios de riesgos en el municipio de Tunja”.

El segundo capítulo, hace referencia a los conceptos técnicos sobre visitas realizadas por la Secretaría a solicitud de la comunidad con el fin de solucionar situaciones puntuales asociadas a riesgos geológicos –geotécnicos.

Mediante la realización del balance hídrico, aportando insumos básicos para la fase de zonificación de inundaciones en la ciudad, tales como los mapas de número de curva (CN), retención potencial (S), cobertura vegetal y uso del suelo se exponen en el tercer capítulo.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Aplicar conceptos de Ingeniería Geológica en la solución de problemas de la comunidad en la secretaria de infraestructura de Tunja, sobre aspectos de geología, gestión del riesgo, hidrología y geotecnia.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar temas relacionados con geología a solicitud del grupo de gestión de riesgos del municipio.
- Identificar amenazas de tipo geológico (Fenómenos de remoción en masa, zonas de erosión) y adelantar su correspondiente caracterización.
- Emitir conceptos derivados de las visitas técnicas delegadas por la Secretaría de infraestructura.
- Plantear soluciones ante el ingeniero jefe directo o inmediato en situaciones de riesgo geológico que sean identificadas en el área del Municipio, y que sean viables financiera y técnicamente.
- Proponer posibles obras geotécnicas ante el ingeniero jefe directo o inmediato, en los casos que sea necesario o requeridas por parte de la secretaria de infraestructura.

2. GENERALIDADES

Tunja es la capital del departamento de Boyacá, fue fundada en 1539, está ubicada en la cordillera Oriental Colombiana a los 05° 32' 07" de latitud norte y 73° 22' 04" de longitud oeste, a una altura de 2.775 m.s.n.m. Por lo accidentado del relieve el municipio presenta el piso térmico frío (140 km²) y piso bioclimático páramo (67 km²). La ciudad está ubicada en una pequeña meseta de la cordillera Oriental perteneciente a la unidad morfológica conocida como altiplano cundiboyacense.¹

El trabajo de grado titulado “Apoyo técnico a la gestión del riesgo y el componente geológico” se desarrolló en la Secretaría de Infraestructura de Tunja, dependiente de la Alcaldía Municipal, y enmarcado dentro del Plan de Desarrollo Municipal 2017-2018, en las metas relacionadas con Gestión del Riesgo e Infraestructura Vial; en este Plan, el componente geológico ayuda a identificar, caracterizar y dar solución a problemas de la comunidad.

El trabajo incluye aportar al desarrollo del Balance Hídrico del Municipio, como base de un estudio futuro que desarrollará la secretaría de infraestructura, orientado a la zonificación de amenazas por inundaciones.

El apoyo técnico a la secretaria de infraestructura es importante para cumplir con las metas ante la comunidad, a través de la inclusión de practicantes de Ingeniería Geológica; igualmente para el estudiante permite aplicar los conocimientos adquiridos durante su academia y adquirir experiencias y competencias frente al trabajo, la capacidad de adaptarse a nuevas reglas y normatividad en el desempeño de su vida laboral. Para la Universidad es importante como extensión a la comunidad ya que el plan de estudios de ingeniería geológica incluye y cubre apropiadamente los temas que se aplican durante la pasantía y estrechar los lazos entre la academia, el gobierno y la comunidad.

2.1 MARCO JERÁRQUICO DE DEPENDENCIA DE LA SECRETARÍA EN EL GOBIERNO MUNICIPAL

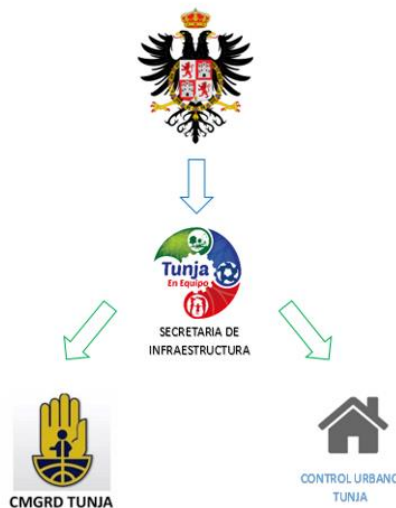


Figura 1. Dependencias de apoyo de la Alcaldía Mayor de Tunja.

¹ (JAVERIANA, Alfaro castillo, & Torres Macias, 2000)

La SIT es una dependencia adscrita a la Alcaldía municipal de Tunja y la cual cuenta la vez con dependencias de apoyo (Figura 1), el Consejo Municipal para la Gestión de Riesgos y Desastres de Tunja (CMGRD) y la oficina de Control Urbano. El CMGRD se encarga de cumplir con las visitas técnicas programadas en forma de derecho de petición que realiza la comunidad ante cualquier evento o situación de posible riesgo que pueda afectar directa o indirectamente y la oficina de control urbano se encarga de realizar el peritaje, comprobación de documentos legales y otros parámetros arquitectónicos de las viviendas que en el caso de interés particular que se han edificado en zonas conocidas como zonas de protección.

- Área de Protección por Riesgos: Son aquellas limitadas en su habitabilidad, por la probabilidad de ocurrencia de fenómenos naturales, potencialmente destructivos.
- Área de Conservación Ecológica: Son las áreas que, por la cobertura boscosa, las especies y demás recursos naturales, son necesarios para la sostenibilidad del desarrollo urbano.

En los casos en los cuales existe presencia de zonas residenciales en áreas de protección el procedimiento a realizar por la Alcaldía y la secretaria de infraestructura se explica a detalle adelante.²

2.1.1 MISIÓN

Apoyar la función pública municipal, mediante procesos que permitan atender diligentemente el mejoramiento de la red vial del municipio, el espacio público y demás obras de infraestructura, al igual que la prevención y atención de desastres mediante el CMGRD, utilizando en forma racional todos los recursos que se dispongan, en condiciones de economía, puntualidad, eficiencia y pulcritud, buscando siempre el bienestar social de la municipalidad

2.1.2 FUNCIONES

- Participar en coordinación con la oficina Asesora de Planeación y las demás dependencias, en la evaluación de las necesidades de infraestructura para diseñar los programas de ejecución de obra indispensables para satisfacer las necesidades de la comunidad con cobertura, calidad y oportunidad.
- Colaborar en la dirección y coordinación de la asesoría técnica al municipio de Tunja y la comunidad en las acciones que demande la solución de sus necesidades en materia de vías, construcciones generales, acueductos, saneamiento básico, prevención de desastres y servicios básicos.
- Colaborar en la priorización de las obras de infraestructura identificadas en al ámbito local y rural, y dirigir la realización de los estudios básicos y de factibilidad para elaborar los programas y proyectos a incorporar en el plan de desarrollo del municipio y/o al plan anual operativo de inversiones.

² (Berger perdomo & Arroyave, 1998)

- Colaborar en el diseño desarrollo y mantenimiento de la red vial municipal, dentro de los parámetros técnicos previstos en el Instituto nacional de vías, Invias y la legislación ambiental.
- Elaborar los estudios y análisis orientados a establecer los convenios y alianzas estratégicas que deba realizar el municipio con entes públicos y/o privados del orden nacional, departamental o municipal con miras a obtener beneficios para la comunidad en costos, calidad y mejoramiento del Municipio.

2.1.3 SERVICIOS QUE OFRECE

- Orientación al usuario en lo referentes a Licencias de Excavación, construcción en sus diferentes modalidades, proyectos viales, mejoramiento en instituciones educativas, construcción de unidades sanitarias, adecuación de espacios para la recreación y esparcimiento deportivo y demás obras de equipamiento urbano en el municipio y buscar las acciones que demande la solución a las necesidades planteadas en coordinación con las demás dependencias.
- Elaboración de diseños, estudios, cálculos y cobertura para la realización de las obras en el municipio que conlleven al mejoramiento de la calidad de vida y desarrollo de la Ciudad.
- Interventorías o supervisión a las mismas contratadas con el fin de garantizar la ejecución, calidad, costos y estabilidad de las obras de infraestructura de los contratos celebrados por el municipio.
- Información, capacitación, y divulgación de programas enfocados a prevenir los desastres naturales y antrópicos a través del CMGRD.³

2.2 ACTUACIÓN DE LA ALCALDÍA FRENTE A SITUACIÓN DE RIESGO DE LA COMUNIDAD ANTE UN PROBLEMA GEOLÓGICO

Se ha desarrollado el siguiente flujograma por parte de la secretaria de infraestructura en el cual se describe el proceso para un caso puntual el cual involucre determinado riesgo geológico ya sea por encontrarse cerca a zonas de erosión, procesos de remoción en masa, entre otros.

³ (<http://www.boyaca.gov.co/SecInfraestructura/informacion-de-contacto/59-secretario-infraestructura-publica>)

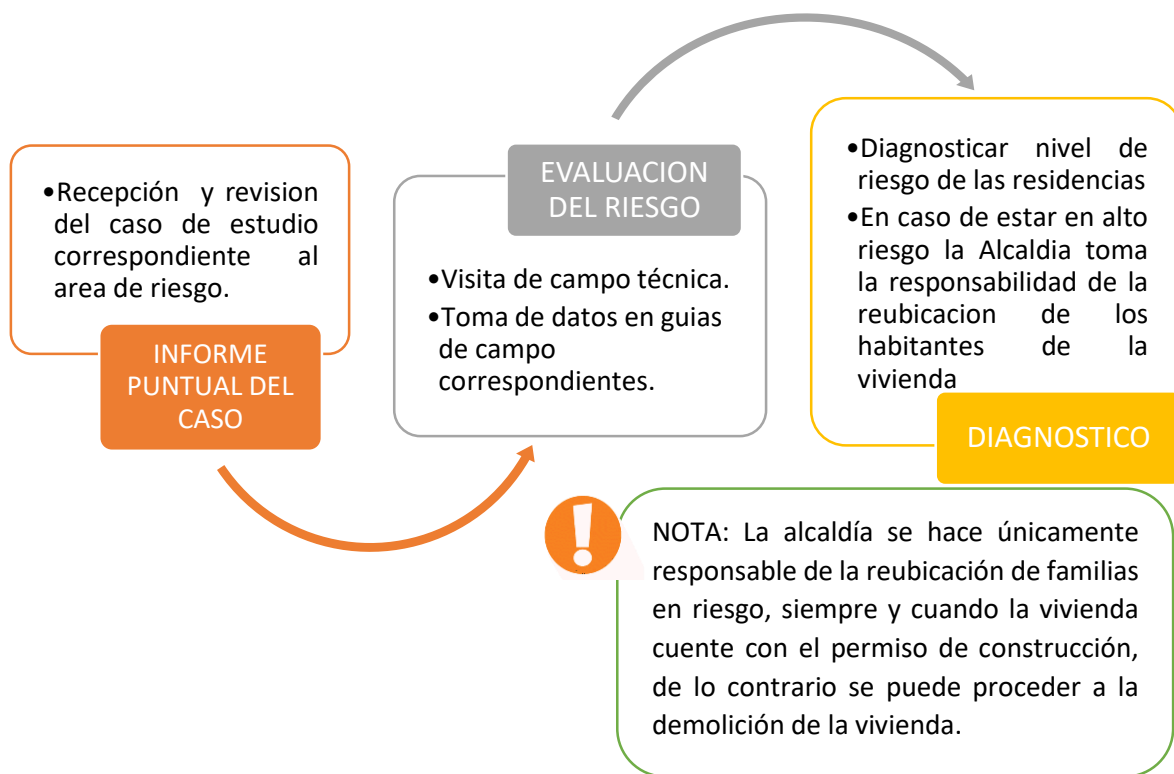


Figura 2. Metodología para caso puntual del proceso erosivo el cual representa un riesgo para la comunidad. Fuente El estudio

2.2.1 PROCESOS EROSIVOS QUE REPRESENTAN UN RIESGO PARA LA COMUNIDAD

En primer lugar se realiza la visita técnica por parte de profesionales en geología o ingeniería en la cual se realiza un informe detallado de los riesgos que presentan las viviendas cercanas a la zona erosiva, en este caso cárcavas. Informe similar a la descripción presentada adelante en la cual se da a conocer el estado y nivel de afectación que tiene en el momento actual de la visita.

Enseguida entra en participación la unidad de control urbano la cual está encargada de la verificación de la existencia de la licencia de construcción y diseños arquitectónicos de la vivienda, los cuales son documentos legales primordiales para realizar el diagnóstico adecuado.

Finalmente se realiza un diagnóstico de riesgo, dado el caso de no existir dichos documentos la acción legal por parte de la alcaldía Mayor de Tunja puede llegar hasta la demolición de la construcción debido a que estas zonas de erosión intensa se clasifican como nivel de alto riesgo, zonas en las que está totalmente prohibida la construcción de infraestructuras.

En el caso contrario en el que la vivienda cuente con el permiso de construcción y de acuerdo con el nivel de riesgo calificado por los profesionales se entra a la toma de decisiones, si el riesgo es alto la alcaldía mayor de Tunja debe hacerse responsable de la

reubicación de los habitantes de la vivienda velando por su seguridad y bienestar para así de esta forma evitar un posible desastre.

La metodología general presentada a continuación se aplica para los casos de las visitas 6 y 7 del Inventario de zonas erosivas y/o cárcavas encontrado más adelante.

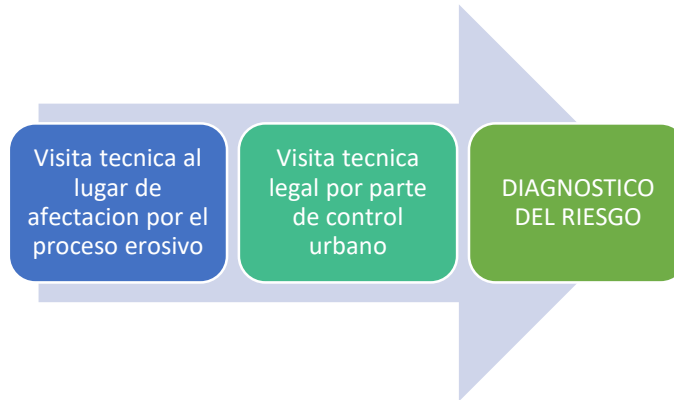


Figura 3. Metodología general para casos en los que el proceso erosivo representa un riesgo para la comunidad. Fuente el estudio

2.3. Funciones del pasante

La práctica empresarial se realizó bajo la supervisión del Secretario de infraestructura de la alcaldía de Tunja, Geólogo Cesar David López Arenas, profesional egresado de la Universidad Nacional y exdirector del Servicio Geológico Colombiano –SGC–.

Como supervisor inmediato se dispuso al ingeniero geólogo, Omar Fajardo Fonseca, egresado de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia –UPTC, actualmente contratista de la Secretaría de Infraestructura.

Las funciones como pasante son las siguientes:

- Dar acompañamiento a las visitas técnicas programadas por la alcaldía ante derechos de petición interpuestos por la comunidad en donde la misma se ve afectada por determinados problemas geológicos.
- Realizar informes sobre las visitas técnicas, emitiendo posibles soluciones ante el problema evidenciado.
- Emitir conceptos, realizar descripciones, caracterizaciones y dar opiniones puntuales ante situaciones de riesgo geológico en salidas de campo.
- Participar en actividades de socialización de manejo de software y metodologías usados por la alcaldía, y asistir a la rendición de cuentas del servicio geológico colombiano.
- Entregar las respuestas de los derechos de petición a los remitentes.

3. MARCO CONCEPTUAL

3.1 MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA

El término movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad.

Un movimiento en masa es el proceso por el cual un volumen de material constituido por roca, suelo, escombros o una combinación de cualquiera de estos, se desplaza por una ladera o talud (superficie inclinada) por acción de la gravedad.⁴

Los movimientos en masa pueden ser de tres tipos principalmente: por tipo de material, tamaño y su efecto destructivo. Es común clasificarlos dentro de siguientes categorías:



Figura 4. Tipos de movimientos en masa – Adaptado: J. Montero. Estabilidad de taludes. Conferencia Universidad Nacional de Colombia, Manizales, 1995.

3.1.1 DESLIZAMIENTOS

Es un movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante.⁵



Imagen 1. Deslizamiento de tierra ocurrido en la vía Medellín-Bogotá año 2016. Fuente Cruz roja colombiana.

⁴ (<http://www.idiger.gov.co/rmovmasa>, IDIGER)

⁵ (<http://simma.sgc.gov.co/#/glossary/term/38/>)

3.1.1.1 DESLIZAMIENTO ROTACIONAL

Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los movimientos en masa rotacionales muestran una forma distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y un contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es auto-estabilizante, y éste ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas.⁶

3.1.1.2 DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL

Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. En general, estos movimientos suelen ser más superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o transportado que yace sobre ella (Cruden y Varnes, 1996). En un macizo rocoso, este mecanismo de falla ocurre cuando una discontinuidad geológica tiene una dirección aproximadamente paralela a la de la cara del talud y buza hacia ésta con un ángulo mayor que el ángulo de fricción (Hoek y Bray, 1981).⁷

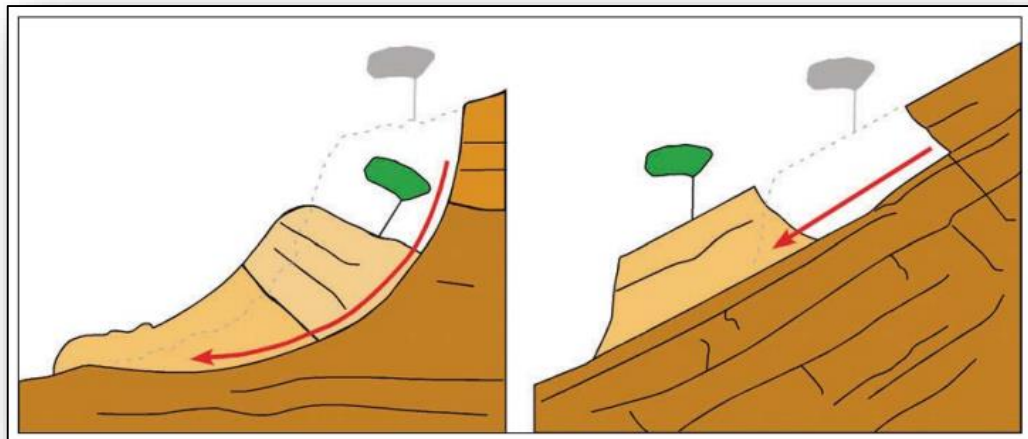


Figura 5. Esquema de deslizamiento rotacional (A) y traslacional (B) donde se puede apreciar el desplazamiento de la masa inestabilizada a través de una superficie de rotura neta. (Por cortesía del Servicio Geológico del Canadá). Fuente Tipos de movimientos de ladera. Fuente González de Vallejo, 2002.

3.1.2 FLUJOS

Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En

⁶ (<http://simma.sgc.gov.co/#/glossary/term/42/>)

⁷ (<http://simma.sgc.gov.co/#/glossary/term/32/>)

muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978).

3.1.2.1 FLUJO DE TIERRA

Movimiento intermitente rápido o lento de suelo arcilloso plástico.⁴ Tiene lugar en materiales finos y cohesivos como son los limos y las arcillas (Imagen 2 y Figura 6). Se generan en vertientes moderadamente inclinadas, entre 20 y 50 grados, y sus velocidades son relativamente rápidas siendo normalmente del orden de metros/día hasta kilómetros/hora. Sus dimensiones son muy variables desde metros cuadrados hasta varios kilómetros cuadrados.⁸



Imagen. 2. Flujo de tierra en "La Conchita" California (EEUU) en 2005. (Fuente Servicio Geológico de Estados Unidos)

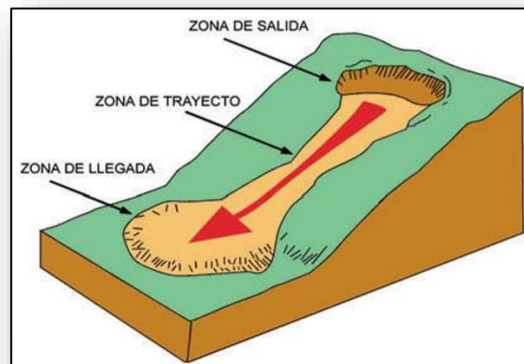


Figura 6. Esquema de un flujo de tierra. (Fuente Servicio Geológico de Estados Unidos)

3.1.2.2 FLUJO DE DERRUBIOS

Habitualmente también llamado flujo "turbulento" formado por un material fangoso con bloques rocosos (Imagen 3 y Figura 7). Normalmente, las corrientes de derrubios se manifiestan durante lluvias extremadamente fuertes. Tienen su inicio en un deslizamiento, o flujo, desencadenado en una vertiente (zona de salida en la figura 5). Cuando el material movilizado llega a un torrente, éste se mezcla con agua torrencial circulante convirtiéndose en un flujo turbulento.

La corriente de derrubios formada se canaliza por el torrente (zona de trayecto en la figura 5) desplazándose a velocidades muy rápidas e incrementa su volumen por erosión del material situado en el lecho. Puede llegar a sobresalir del torrente y arrasar lo que encuentra por su camino hasta que el flujo se detiene por la pérdida

⁸ (<http://simma.sgc.gov.co/#/glossary/terms/>)

de agua o bien porqué la pendiente del terreno disminuye (zona de llegada en la figura 5).⁹



Imagen 3. Corriente de derrubios que ocurrió en Senet (Cataluña) en agosto de 1963. (Fuente Servicio Geológico de Estados Unidos)

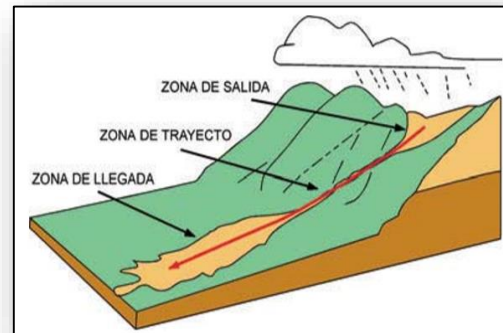


Figura 7. Esquema de una corriente de derrubios. (Fuente Servicio Geológico de Estados Unidos)

3.1.3 CAIDA DE ROCAS

La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978).¹⁰



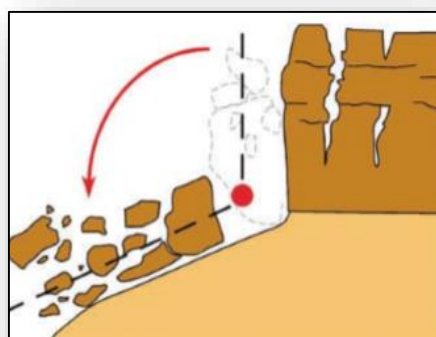
Figura 8. Esquema de un desprendimiento en donde se define: la zona de salida de la masa rocosa, la posterior fragmentación a lo largo de la zona de trayecto y la acumulación de bloques rocosos en la zona de llegada. (Esquema obtenido de Copons, 2007).

⁹ (<http://simma.sgc.gov.co/#/glossary/terms/>)

¹⁰ (<http://simma.sgc.gov.co/#/glossary/terms/>)

Se denomina así a un tipo de movimiento en masa en el cual hay una rotación generalmente hacia adelante de uno o varios bloques de roca o suelo, alrededor de un punto o pivote de giro en su parte inferior. Este movimiento ocurre por acción de la gravedad, por empujes de las unidades adyacentes o por la presión de fluidos en grietas (Varnes, 1978). El volcamiento puede ser en bloque, flexional (o flexural) y flexional del macizo rocoso.

Goodman y Bray (1976) diferencian el vuelco de bloques del vuelco flexural. El primero involucra roca relativamente competente, donde el fallamiento ocurre por pérdida de estabilidad y rotación de uno o varios bloques a partir de un punto en su base, semejante al vuelco de libros en un estante. El volcamiento de bloques es controlado por una orientación específica de discontinuidades y generalmente está asociado a velocidades altas. El vuelco flexural, en cambio, involucra roca más frágil y densamente diaclasada; el fallamiento ocurre por el doblamiento de columnas de rocas delgadas. Los movimientos en este caso pueden ser lentos y graduales ¹¹



Volcamiento de Rocas

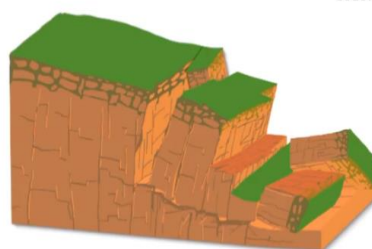


Figura 9. Esquema del vuelco de una masa rocosa desprendida del sustrato rocoso. Esta masa pivota sobre un eje (punto rojo) hasta caer al suelo por gravedad donde los diferentes fragmentos se acumulan o ruedan ligeramente vertiente abajo. Fuente Servicio Geológico de Estados Unidos

3.1.5 REPTACIÓN

Es la inestabilidad de la parte más superficial del terreno (de decímetros a pocos metros de grosor) y que se desplaza mediante velocidades muy lentas (del orden de mm/año a dm/año). Es el tipo de movimiento de ladera más habitual y puede afectar a toda una vertiente (Figura 11). Su efecto destructivo es bajo, pero puede causar daños moderados en estructuras que suelen tener reparación. Éste fenómeno es evidente por la inclinación de los elementos verticales, como por ejemplo los árboles (Figura 10).¹²

¹¹ (<http://simma.sgc.gov.co/#/glossary/terms/>)

¹² (<http://simma.sgc.gov.co/#/glossary/terms/>)

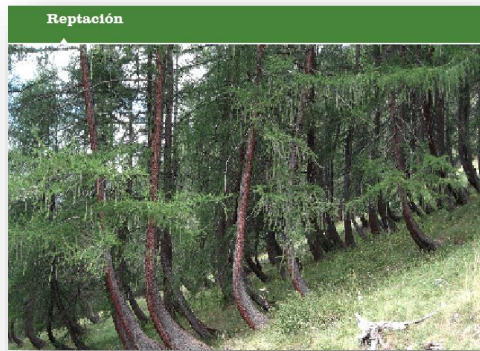


Figura 10: Detalle de árboles inclinados por la reptación superficial del terreno

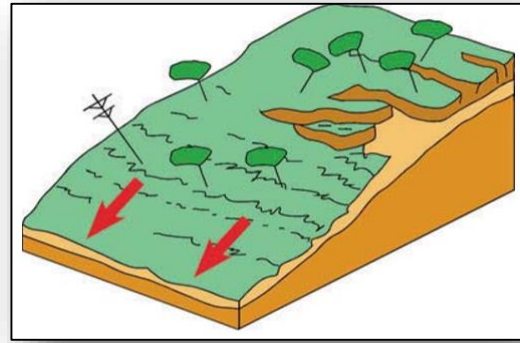


Fig. 11: Esquema de reptación superficial en una ladera donde se puede observar que este movimiento afecta a los árboles y a las construcciones sencillas que haya por encima (Fuente US Geological Survey).

Entre las condiciones que aumentan la amenaza se encuentran las características del terreno, los procesos físicos naturales y los procesos artificiales (intervención antrópica). Las condiciones que aumentan la amenaza se presentan a continuación:

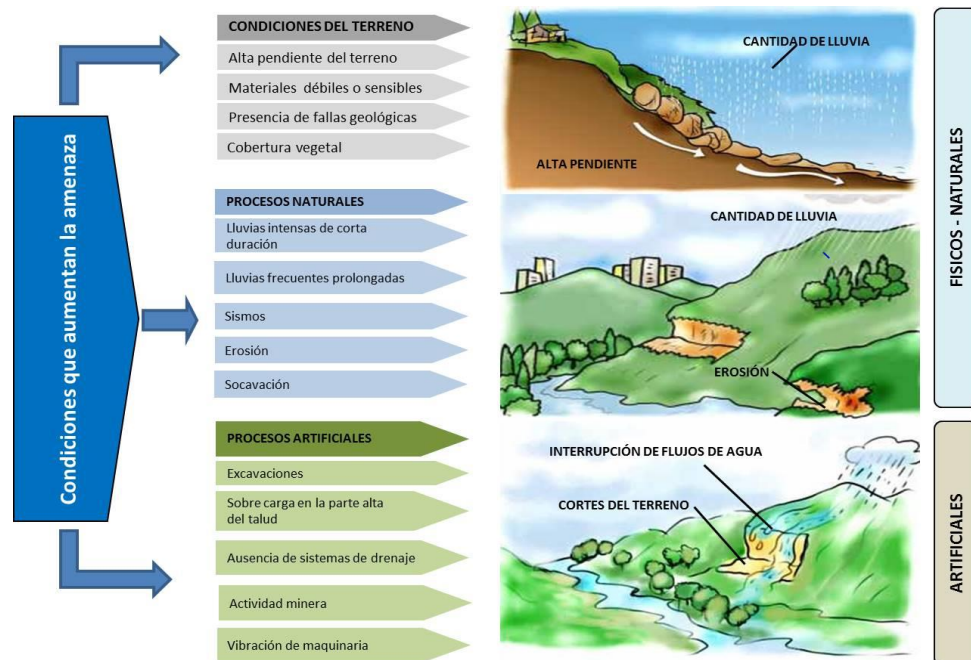


Figura 12. Condiciones aumentan la amenaza por movimientos en masa – Adaptado DPAE

Los movimientos en masa ocurren por la combinación de algunos o todos los factores, ya sean condicionantes (hacen susceptibles a los taludes o laderas sin llegar a provocar el movimiento) o detonantes (provocan o disparan el movimiento). Suelen ser factores detonantes las precipitaciones (acumuladas y prolongadas) y los eventos sísmicos.¹³

¹³ (<http://www.idiger.gov.co/rmovmasa>, IDIGER)

3.2 MOVIMIENTOS EN MASA EN COLOMBIA

El Servicio Geológico Colombiano desarrolló el Mapa Nacional de Amenaza por Movimientos en Masa en el marco del Decreto Nacional 1807 de 2014 del Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, en el cual se identificó, para el total del área del territorio Nacional aproximadamente el 50% se encuentra categorizada en amenaza baja por movimientos en masa, 22% amenaza media, 20% amenaza alta y 4 % en amenaza muy alta.¹⁴

3.2.1 MOVIMIENTOS EN MASA EN TUNJA

El crecimiento urbano de la ciudad de Bogotá, ha provocado que un número importante de la población se encuentre localizada en zonas de ladera. La capital del departamento según estudios del servicio geológico colombiano presenta un nivel de zonificación de medio a alto. A continuación, se presenta información histórica acerca de los movimientos ocurridos años pasados en la ciudad.

Tipo de movimiento	Año	N° movimientos	N° Afectados
Deslizamiento	1939	1	5
Deslizamiento	1967	1	0
Deslizamiento	1968	1	5
Deslizamiento	1971	1	3
Deslizamiento	1976	1	2
Deslizamiento	1976	1	12
Deslizamiento	1982	1	0
Deslizamiento	1986	1	1
Deslizamiento	1986	1	0
Deslizamiento	1989	1	0
Deslizamiento	1990	1	0
Deslizamiento	1990	1	0
Deslizamiento	1991	1	0
Deslizamiento	1996	1	375
Deslizamiento	2001	1	0
Deslizamiento	2004	1	0
Deslizamiento	2007	1	0
Deslizamiento	2010	1	10
Deslizamiento	2010	1	0
Deslizamiento	2011	1	10
Deslizamiento	2011	1	3
Deslizamiento	2012	1	1
Deslizamiento	2012	1	0
			427

Tabla 1. Información histórica de movimientos en masa en la ciudad. Adaptada de <http://simma.sgc.gov.co/#/public/results/>

¹⁴ (<http://www.idiger.gov.co/rmovmasa>, IDIGER)

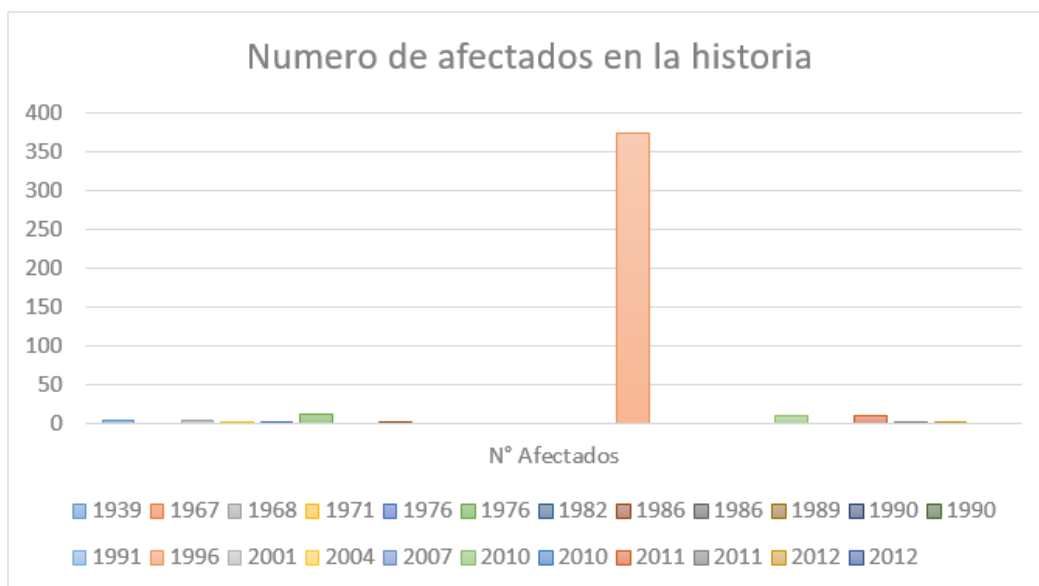


Figura 13. Relación de número de personas afectadas con movimientos en masa. Adaptada de <http://simma.sgc.gov.co/#/public/results/>

3.3 DEGRADACION DE LOS SUELOS

La degradación de los suelos se refiere a la disminución o alteración negativa de una o varias de las ofertas de bienes, servicios y/o funciones ecosistémicos y ambientales de los suelos, ocasionada por factores y procesos naturales o antrópicos que, en casos críticos, pueden originar la pérdida o la destrucción total del componente ambiental (IDEAM, 2004).

Es el resultado de la interacción de factores naturales y/o antrópicos que activan y desencadenan procesos que generan cambios negativos en las propiedades y funciones del suelo. Entre los factores directos que inciden en la degradación de los suelos, se encuentran los naturales que incluyen el clima, el agua, las características edáficas, el relieve y la cobertura, y los de tipo antrópico que están relacionados con los tipos de uso y de manejo. La degradación de los suelos puede agruparse en física, química y biológica; en la degradación física se destaca la erosión, la compactación, el sellamiento, la desertificación, entre otras; en la degradación química la pérdida de nutrientes y a su desbalance en el suelo, a los cambios en el pH (salinización o acidificación) y a la contaminación; y en la degradación biológica, la disminución de la materia orgánica y el carbono de los suelos, por factores y procesos naturales como el clima, el relieve o por acción humana como la deforestación, las quemas, el uso y manejo no sostenibles, entre otros.¹⁵

3.3.1 DEGRADACION DE LOS SUELOS POR EROSIÓN

La erosión de los suelos se define como la pérdida físico-mecánica del suelo, con afectación en sus funciones y servicios ecosistémicos, que produce, entre otras, la reducción de la capacidad productiva de los mismos (Lal, 2001). La erosión es un proceso natural; sin

¹⁵ (Siac.gov.co)

embargo, esta se califica como degradación cuando se presentan actividades antrópicas no sostenibles que aceleran, intensifican y magnifican el proceso.

La degradación de suelo por erosión, se refiere a “la pérdida de la capa superficial de la corteza terrestre por acción del agua y/o del viento, que es mediada por el ser humano, y trae consecuencias ambientales, sociales, económicas y culturales” (IDEAM-UDCA 2015).

El grado de erosión se ha clasificado de acuerdo a la intensidad del proceso en términos de severidad y a la magnitud o superficie afectada por el mismo, en cinco categorías: sin evidencia (no hay evidencia de degradación por erosión), ligera, moderada, severa y muy severa.

El área degradada por erosión en Colombia es de 45.377.070 ha (40% de la superficie continental de Colombia), de las cuales el 20% se encuentran en un grado de erosión ligera, el 17% en grado de erosión moderada y el 3% en grado de erosión severa y muy severa (IDEAM-MADS, 2014).

Los departamentos que presentan las mayores áreas erosionadas en grado severo y muy severo son La Guajira, Magdalena, Cesar, Santander y Meta.¹⁶

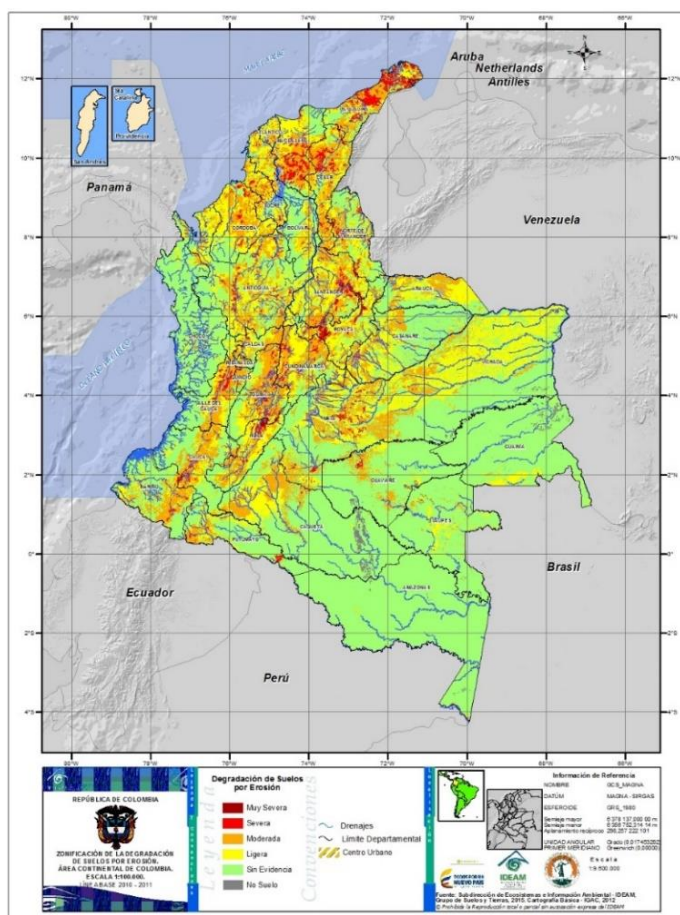


Figura 14. Mapa de degradación de suelos por erosión en Colombia. Fuente IDEAM

¹⁶ (Siac.gov.co)

3.3.2 GESTIÓN ANTE LA DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS POR EROSIÓN

La conservación y el manejo sostenible del suelo son indispensables para lograr el bienestar de la población y está interrelacionado con el éxito o el fracaso de numerosas políticas públicas relacionadas con los sectores agropecuario, minero, de vivienda, desarrollo urbano y agua potable, de industria y comercio, de transporte, salud, entre otros. Adicionalmente, la gestión sostenible del suelo es fundamental para consolidar los procesos de paz en el país. Teniendo en cuenta lo anterior, se construyó la Política para la Gestión Sostenible del Suelo con la participación de actores del orden nacional, regional y local, la cual busca promover la gestión sostenible del suelo en Colombia, en un contexto integral en el que confluyan la conservación de la biodiversidad, el agua y el aire, el ordenamiento del territorio y la gestión de riesgo, contribuyendo al desarrollo sostenible y al bienestar de los colombianos.

La política propone la puesta en marcha de un plan de acción y el desarrollo de seis líneas estratégicas a saber: fortalecimiento institucional y armonización de normas y políticas; educación, capacitación y sensibilización; fortalecimiento de instrumentos de planificación ambiental y sectorial; monitoreo y seguimiento a la calidad de los suelos; investigación, innovación y transferencia de tecnología y preservación, restauración y uso sostenible del suelo.

Para la ciudad de Tunja, territorio muy afectado por procesos erosivos tanto en su área urbana como en su área rural se ha establecido estas zonas como zonas de protección, en las cuales no se puede realizar el uso del suelo como residencial, ya que representa un alto riesgo debido a la edad del proceso erosivo el cual en época de lluvias actúa como un canal por donde la corriente de agua se desplaza a gran velocidad.¹⁷

3.3.3 TIPOS DE EROSIÓN

3.3.3.1 EROSIÓN HÍDRICA

Corresponde al desgaste del suelo a causa del flujo de agua. Este tipo de erosión puede ser pluvial o fluvial.

La erosión pluvial corresponde al efecto erosivo del agua de lluvia. Una gota de agua es aproximadamente 1.000 veces más grande que una partícula de suelo. Por lo tanto, la fuerza del impacto de una sola gota de lluvia es suficiente para dispersar y arrastrar las partículas de suelo que encuentre a su paso.

La erosión fluvial es producida por las aguas continentales. Los ríos y corrientes subterráneas desgastan con su paso los materiales de la superficie terrestre. Parte del suelo es arrastrada en dirección al mar, depositándose estos materiales en diversos lugares y modelando el paisaje.¹⁸

3.3.3.2 EROSIÓN EÓLICA

Cuando el viento sopla con fuerza levanta las partículas del suelo y las moviliza en distintas direcciones. Este agente erosivo es menos intenso que el agua. Sin embargo, en las regiones secas adquiere gran importancia. En las zonas costeras y

¹⁷ (Siac.gov.co)

¹⁸ (Siac.gov.co)

en las desérticas, el viento arrastra la arena desprovista de materia orgánica hasta los terrenos de cultivo, depositándose sobre ellos y destruyendo su vegetación.

3.3.3.3 EROSIÓN GLACIAR

Es el tipo de erosión que se da en los glaciares cuando el hielo desciende de lo alto de la ladera, provocando que el suelo que hay bajo el hielo se vaya agrietando y erosionando conforme va pasando el hielo por encima, puesto que el peso y la fricción generarán desgaste en el mismo, y con el paso del tiempo y de las diferentes estaciones, el suelo que tiene que soportar el deslizamiento del hielo terminará erosionándose.¹⁹

3.3.3.4 EROSIÓN ANTRÓPICA

Erosión causada de forma directa o indirecta por los hombres. Las acciones humanas, a menudo desencadenan o potencian procesos que son llevados a cabo por los agentes naturales. El papel del hombre como agente de erosión no consiste solamente en su capacidad de intensificar los procesos naturales, sino que también es capaz de introducir modificaciones en las combinaciones de procesos que tienen lugar en la Naturaleza, favoreciendo precisamente a los más agresivos, con lo que se convierte en motor de aceleración de la erosión.²⁰

¹⁹ (Siac.gov.co)

²⁰ (especializados & <https://glosarios.servidor-alicante.com/geografia->)

Capítulo 1.

4. ACOMPAÑAMIENTO AL CONTRATO SMC-ATM-152-2017, DENOMINADO “CLASIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ZONAS DE INESTABILIDAD GEOLÓGICA Y ZONAS EROSIVAS TIPO CÁRCAVA

4.1 METODOLOGIA

1. Consulta de información previa de trabajos. En cuanto a movimientos de remoción en masa en la página del servicio geológico colombiano en el portal SIMMA se encuentra el registro de movimientos ocurridos en el pasado para la ciudad de Tunja. En cuanto a procesos erosivos la información presente es muy escasa y solo se cuenta con un mapa de localización espacial de las cárcavas.
2. Ubicación de movimientos de remoción en masa y procesos erosivos en Google Maps para simplificar rutas en las visitas de campo.
3. Descripción en campo de los formatos SIMMA para movimientos de remoción en masa y así mismo la descripción de formatos POMCA para los procesos erosivos evidenciados.
4. Recopilación de evidencia fotográfica.
5. Transcripción de información en los formatos en físico a formato digital.
6. Elaboración de informe.
7. Creación de carpetas de evidencia fotográfica asociada a cada formato que corresponde.

4.2 DESCRIPCIÓN DE MOVIMIENTOS EN MASA Y PROCESOS DE EROSION EN LA CIUDAD DE TUNJA.

A continuación, se presenta la descripción de las visitas a campo de 8 movimientos en masa y 25 zonas erosivas tipo cárcava, las cuales a su vez presentan otros tipos de erosión al mismo tiempo:


# Movimiento	Latitud	Longitud	Altura	Plancha	Importancia
1	1 100 233	1 077 478	2842 msnm	191	Baja
Ubicación: El movimiento se encuentra ubicado sobre la vía Tunja – Bogotá, exactamente en el corte vial perteneciente a la vereda de Runta en el costado oriental de la vía, más exactamente en el respaldo de la Avenida Colón.					Estado
					Activo



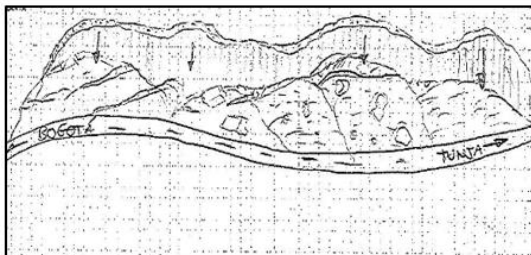
Descripción: Movimiento de remoción en masa desarrollado sobre rocas de edad terciaria pertenecientes a la formación Bogotá, compuesta principalmente por areniscas ferruginosas. Hay presencia de detritos en la parte baja o pata del mismo, y del mismo modo se evidencia inclinación de las barreras de madera ubicadas en la parte central alta del deslizamiento y que afectan levemente la vía


Edad del movimiento	Edad de las rocas	Estilo del movimiento
6 a 10 años	Terciarias	Compuesto
Movimiento principal		Movimiento secundario
Caída de rocas		Deslizamiento de tierras y reptaciones
Tipo de erosión generada		Geoforma generada
Laminar y surcos de baja severidad		Ladera erosiva (Del)
Dirección del movimiento		Azimut del talud
S77°E		113°
Contribuyentes		Detonantes
Deficiente mantenimiento al sistema de drenaje, escapes de agua de tubería, ausencia de vegetación y vibración artificial ocasionada por el tráfico		Lluvias

# Movimiento	Latitud	Longitud	Altura	Plancha	Importancia
2	1 099 021	1 077 145	2854	191	Baja
Ubicación: Se encuentra ubicado aproximadamente 250 m adelante que el anteriormente descrito, sobre la misma vía Tunja – Bogotá, también ubicado en el costado oriental de la vía exactamente en el sector conocido como “la capilla”					Estado
					Activo

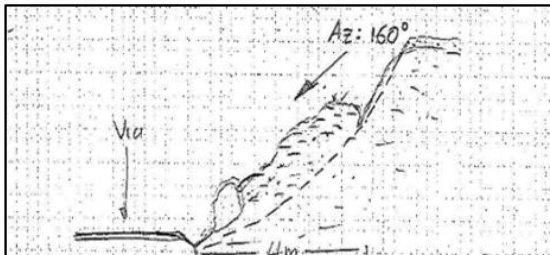


VISTA DE PLANTA





VISTA PERFIL

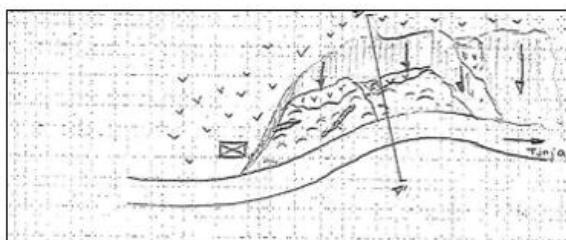


Descripción: Es un movimiento de remoción en masa desarrollado sobre rocas de edad terciaria pertenecientes a la formación Bogotá del miembro compuesto por una litología areno-arcillosa. El movimiento se encuentra en estado activo debido a la presencia de detritos en la parte baja o pata del mismo afectando de forma leve la infraestructura vial.		
Edad del movimiento	Edad de las rocas	Estilo del movimiento
16 a 20 años	Terciarias	Compuesto
Movimiento principal		Movimiento secundario
Caída de rocas		Deslizamiento traslacional y caída de detritos
Tipo de erosión generada		Geoforma generada
Laminar y en surcos recientes de severidad media		Cono de deslizamiento indiferenciado (Ddi)
Dirección del movimiento		Azimut del talud
S20°E		160°
Contribuyentes		Detonantes
Deficiente mantenimiento al sistema de drenaje, ausencia de vegetación y vibración artificial		Lluvias

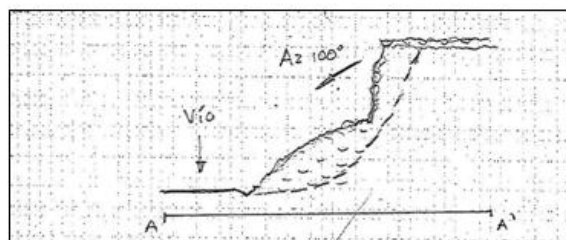
# Movimiento	Latitud	Longitud	Altura	Plancha	Importancia
3	1 099 707	1 077 097	2866	191	Baja
Ubicación: Se encuentra localizado 200 m adelante del movimiento N°2, sobre la misma vía perteneciente a la vereda Runta y al sector “La capilla”					Estado
					Activo



VISTA DE PLANTA



VISTA DE PERFIL



Descripción: Es un movimiento de remoción en masa desarrollado sobre rocas de edad terciaria pertenecientes a la formación Bogotá del miembro compuesto por una litología areno-arcillosa de igual manera que los anteriores dos movimientos, esto debido a la poca distancia que hay entre cada evento haciendo parte de la misma formación geológica con propiedades muy similares.

Edad del movimiento	Edad de las rocas	Estilo del movimiento
16 a 20 años	Terciarias	Compuesto
Movimiento principal		Movimiento secundario
Deslizamiento traslacional		Caída de rocas y caída de detritos
Tipo de erosión generada		Geoforma generada
Laminar y en surcos recientes de moderada severidad		Lomo residual (Dires)
Dirección del movimiento		Azimet del talud
S86°E		94°
Contribuyentes		Detonantes
Deficiente mantenimiento al sistema de drenaje, ausencia de vegetación y vibración artificial		Lluvias

Observaciones: En este caso el movimiento afecta de manera directa a la infraestructura presente en el lugar como la vía principal y una vivienda presente en el lugar, de este modo este fenómeno ya presenta un nivel de riesgo para las personas que habitan el lugar. En este caso una vivienda del sector en riesgo y con posibles afectaciones por el movimiento en masa



# Movimiento	Latitud	Longitud	Altura	Plancha	Importancia
4	1 099 248	1 075 311	2043	191	Baja

Ubicación: El presente movimiento encontrado en el área de estudio se encuentra ubicado en el kilómetro 4 sobre la vía Tunja – Bogotá en la vereda Chorro blanco y ubicado en el costado occidental de la vía

Estado

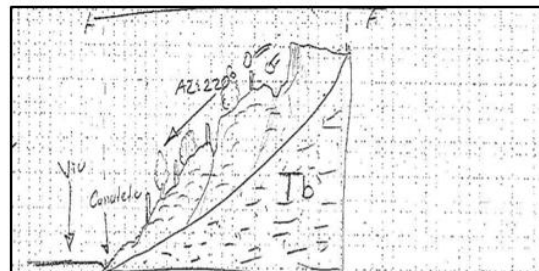
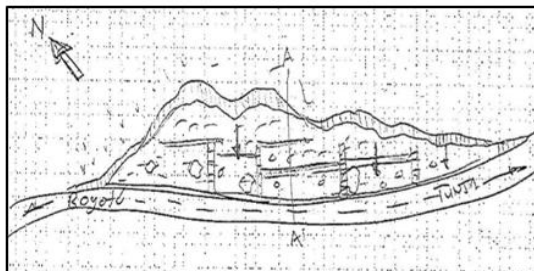
Activo



VISTA DE PLANTA



VISTA DE PERFIL



Descripción: Es un movimiento de remoción en masa desarrollado sobre rocas de edad terciaria pertenecientes a la formación Bogotá del miembro compuesto por una litología areno-arcillosa de igual manera que los anteriores dos movimientos.

Edad del movimiento	Edad de las rocas	Estilo del movimiento
6 a 10 años	Terciarias	Compuesto
Movimiento principal		Movimiento secundario
Caída de detritos		Deslizamiento traslacional planar y flujo de detritos
Tipo de erosión generada		Geoforma generada
Laminar y surcos recientes de severidad media		Ladera ondulada (Dlo)
Dirección del movimiento		Azimut del talud
S40°E		220°
Contribuyentes		Detonantes
Deficiente mantenimiento al sistema de drenaje, ausencia de vegetación y vibración artificial		Lluvias

Observaciones: El material inherente es plástico débil, colapsable, meteorizado físicamente y fallado por corte, el suelo en momento de la visita técnica presenta una humedad ligera, y un estado de plasticidad baja. En las fotografías se puede observar el estado actual de las obras geotécnicas como disipadores de energía se encuentran colmatados hasta su punto máximo, y el aporte de material a la infraestructura vial.



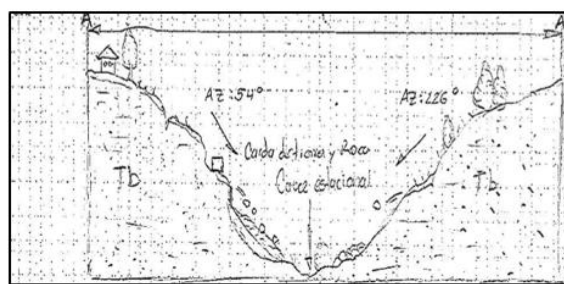
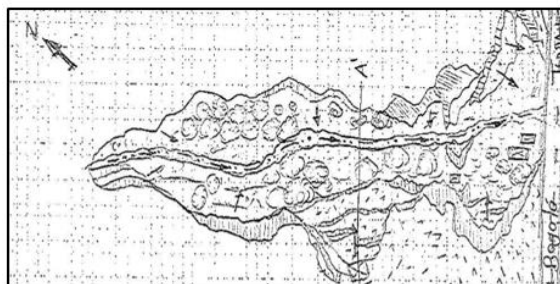
# Movimiento	Latitud	Longitud	Altura	Plancha	Importancia
5	1 100 029	1 077 374	2856	191	Alta
Ubicación: El presente movimiento se encuentra ubicado en el kilómetro 1 sobre la vía principal antigua Tunja – Bogotá en la vereda Runta arriba y localizado en el costado occidental de la vía					Estado
					Suspendido



VISTA DE PLANTA



VISTA DE PERFIL






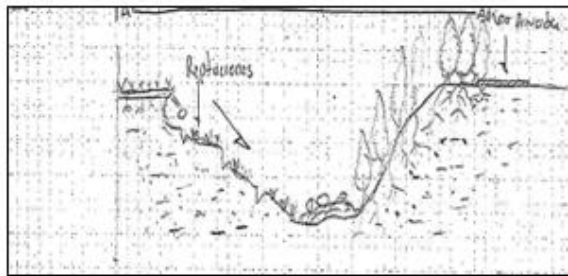
Descripción: Es un movimiento de remoción en masa desarrollado sobre rocas de edad terciaria pertenecientes a la formación Bogotá del miembro compuesto por una litología areno-arcillosa. El movimiento se encuentra en estado suspendido y presenta una distribución avanzada y ensanchada.

Edad del movimiento	Edad de las rocas	Estilo del movimiento
16 a 20 años	Terciarias	Compuesto
Movimiento principal		Movimiento secundario
Caída de rocas, caída de detritos y caída de tierras		Deslizamiento traslacional
Tipo de erosión generada		Geoforma generada
Laminar y en cárcavas recientes de severidad alta		Lomo denudado bajo de long media (Dldebm)
Dirección del movimiento		Azimut del talud
S63°E		54°
Contribuyentes		Detonantes
Erosión pluvial, mantenimiento deficiente en el sistema de drenaje, y escasa vegetación		Lluvias

Observaciones: el material inherente en el movimiento es colapsable y meteorizado físicamente, el cual ante una apreciación del riesgo puede generar daños moderados de infraestructura a las 2 viviendas presentes en el área de afectación, una en la corona del talud la cual puede presentar posibles agrietamientos y la otra en la pata del mismo, la cual recibe afectación por medio de caída de detritos y rocas.



Imagen 4. Viviendas localizadas en la pata y corona del talud las cuales presentan riesgo frente al movimiento de remoción en masa. Fuente Proyecto actualización escenarios de riesgo geológicos ciudad de Tunja

# Movimiento	Latitud	Longitud	Altura	Plancha	Importancia
6	1 100 029	1 077 374	2856	191	Alta
Ubicación: El presente movimiento encontrado en el área de estudio se encuentra ubicado en la vereda Runta abajo, localizado en el margen derecho de la variante que comunica Duitama con la ciudad de Bogotá					Estado
					Activo
<div><div></div><div><p>VISTA DE PLANTA</p></div></div> <div><div></div><div><p>VISTA DE PERFIL</p></div></div>					
Descripción: Es un movimiento de remoción en masa desarrollado sobre rocas terciarias pertenecientes a la formación Bogotá del miembro compuesto por una litología areno-arcillosa. El movimiento se encuentra en estado activo dadas las características observadas en campo					
Edad del movimiento		Edad de las rocas		Estilo del movimiento	
1 a 5 años		Terciarias		Compuesto	
Movimiento principal			Movimiento secundario		
Deslizamiento traslacional			Caída de detritos y caída de tierras		
Tipo de erosión generada			Geoforma generada		
Bad lands, cárcavas y surcos de alta severidad			Ladera erosiva (Dle)		
Dirección del movimiento			Azimut del talud		
S46°E			310°		
Contribuyentes			Detonantes		
Erosión pluvial, mantenimiento deficiente en el sistema de drenaje, y escasa vegetación			Lluvias		

Observaciones: El material presente en el movimiento es de tipo sensible y meteorizado físicamente, en este caso el deslizamiento tiene una afectación leve a las obras de infraestructura presente en el lugar, en este caso una vía secundaria de carácter privado de una longitud aproximadamente de 190m.



Imagen 5. Vista del movimiento desde la vía privada en donde se aprecia la erosión en cárcava y algunas zonas con surcos. Fuente Proyecto actualización escenarios de riesgo geológicos ciudad de Tunja.

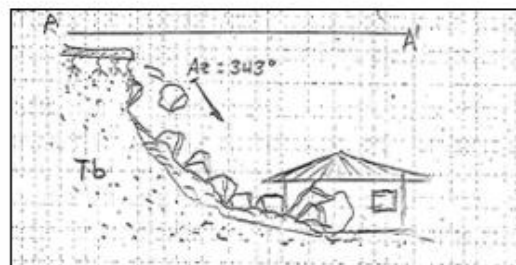
# Movimiento	Latitud	Longitud	Altura	Plancha	Importancia
7	1 102 482	1 078 523	2805	191	Alta
Ubicación: El presente movimiento se encuentra en el casco urbano de la ciudad de Tunja entre la calle 7ª con carrera 13, barrio La trinidad					Estado
					Activo



VISTA DE PLANTA



VISTA DE PERFIL



Descripción: El movimiento de remoción en masa se desarrolla sobre rocas de edad terciaria pertenecientes a la formación Bogotá del miembro compuesto por arenas principalmente. El movimiento se encuentra en estado activo de acuerdo a la visita de campo y presenta una distribución avanzada.

Edad del movimiento	Edad de las rocas	Estilo del movimiento
1 a 5 años	Terciarias	Único
Movimiento principal		Movimiento secundario
Caída de rocas		-
Tipo de erosión generada		Geoforma generada
Laminar reciente de severidad baja		Loma denudada (Dld)
Dirección del movimiento		Azimut del talud
No existe dato		343°
Contribuyentes		Detonantes
mantenimiento deficiente en el sistema de drenaje y la ausencia de vegetación en la zona		Lluvias y movimientos tectónicos

Observaciones: En cuanto a la apreciación del riesgo se refiere este movimiento está generando daños severos de infraestructura a las 2 viviendas presentes en el área de afectación, una que presenta daños estructurales de manera total y la segunda presenta daños parciales y por este motivo se encuentra en riesgo, parte que compete a comité municipal de la gestión de riesgos y desastres (CMGRD) el cual debe realizar la evacuación de las personas que habitan dicha vivienda y de esta forma realizar el correspondiente conducto para evitar un posible desastre.



*Imagen 6. Corona del talud en donde hay presencia de varias viviendas que cuales actúan como carga.
Fuente Proyecto actualización escenarios de riesgo geológicos ciudad de Tunja.*

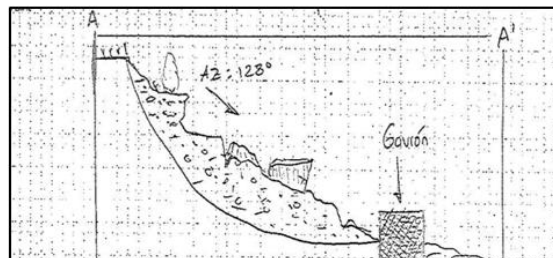
# Movimiento	Latitud	Longitud	Altura	Plancha	Importancia
8	1 107 964	1 080 019	2805	191	Baja
Ubicación: El presente movimiento se encuentra en el casco urbano de la ciudad de Tunja, en la calle 64 con carrera 14, barrio Santa Ana					Estado
					Estabilizado



VISTA DE PLANTA



VISTA DE PERFIL



Descripción: Es un movimiento de remoción en masa desarrollado sobre rocas de edad terciaria pertenecientes a la formación Bogotá del miembro compuesto por una litología areno-arcillosa. El movimiento se encuentra en estado estabilizado, hay presencia de obras geotécnicas, en este caso gaviones los cuales disminuyen el impacto del movimiento en masa en la infraestructura de la comunidad.

Edad del movimiento	Edad de las rocas	Estilo del movimiento
1 a 5 años	Terciarias	Único
Movimiento principal		Movimiento secundario
Deslizamiento rotacional		-
Tipo de erosión generada		Geoforma generada
Laminar y surcos reciente de severidad moderada		Ladera erosiva (Dle)
Dirección del movimiento		Azimut del talud
N55°E		128°
Contribuyentes		Detonantes
Erosión pluvial, mantenimiento deficiente en el sistema de drenaje, y escasa vegetación		Lluvias


Observaciones:

En este caso el movimiento tiene una apreciación del riesgo baja debido a que se encuentra controlado.

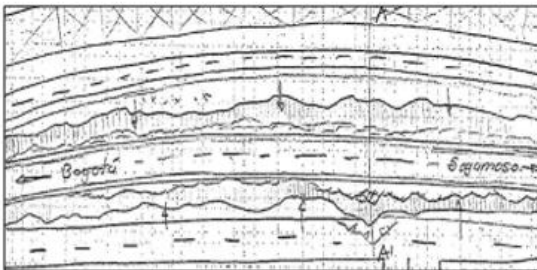



Imagen 7. Evidencia de reptaciones que presenta la zona lateral izquierda del deslizamiento. Fuente Proyecto actualización escenarios de riesgo geológicos ciudad de Tunja.

# Movimiento	Latitud	Longitud	Altura	Plancha	Importancia
9	1 108 497	1 081 866	2777	191	Alta
Ubicación: El presente movimiento se encuentra en el casco urbano de la ciudad en el barrio Los Muiscas, localizado en ambos costados sobre la vía que conduce de Tunja a Sogamoso.					Estado
					Activo

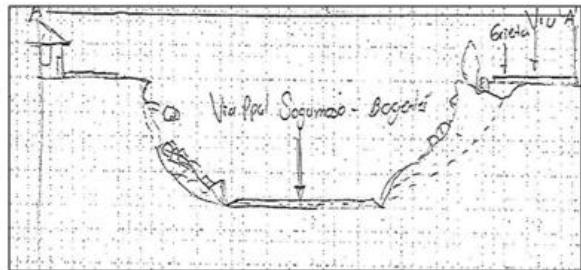


VISTA DE PLANTA





VISTA DE PERFIL





Descripción: Es un movimiento de remoción en masa desarrollado sobre rocas de edad terciaria pertenecientes a la formación Bogotá del miembro compuesto por una litología areno-arcillosa. El movimiento se encuentra en estado activo debido a la presencia de detritos en la parte baja o pata del mismo afectando de forma leve la infraestructura vial presentando un estilo retrogresivo y ensanchado.		
Edad del movimiento	Edad de las rocas	Estilo del movimiento
1 a 5 años	Terciarias	Único
Movimiento principal		Movimiento secundario
Caída de detritos		-
Tipo de erosión generada		Geoforma generada
Laminar y surcos reciente de severidad moderada		(DIdebm)
Dirección del movimiento		Azimut del talud
S64°E		307°.
Contribuyentes		Detonantes
Deficiente mantenimiento al sistema de drenaje, ausencia de vegetación y vibración artificial		Lluvias

Observaciones: En este caso el movimiento afecta 2 vías, la principal la cual recibe un aporte de detritos en una longitud de aproximadamente 83m y la secundaria que presenta subsidencia la afecta en una longitud de aproximadamente 50m.



Imagen 8. Afectación a vía principal y vía secundaria. Fuente Proyecto actualización escenarios de riesgo geológicos ciudad de Tunja.



La actualización de escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja			 ALCALDIA MAYOR DE TUNJA
Inventario de zonas erosivas y-o cárcavas			
Visita	Latitud	Longitud	
1	1 078 343	1 105 885	Grado de meteorización
Formación geológica	Tipo de erosión	Material comprometido	Alto
Guaduas (Ktg)	Hídrica	Suelo grueso, suelo fino y roca	Red de drenaje
Ubicación: La primera zona que presenta erosión de tipo cárcava se encuentra ubicada en el kilómetro 2 de la vía Tunja- Motavita tomando un desvío de 500m aproximadamente hacia el costado oriental			Detrítico
			Subdetrítico 

Fotografías



Descripción: La zona erosiva tipo cárcava se encuentra geológicamente sobre rocas cretácicas de la formación guaduas (Ktg) en el miembro compuestos por areniscas cuarzosas con escasos niveles de arcillas. La cárcava es de tipo estacional, se observa presencia de reservorios.

Espaciamiento entre canales	Grado de erosión con respecto a la geoforma
5 a 15 metros	Erosión alta (75% - 89%)
Erosión con respecto a cobertura vegetal	Geoforma resultante
51% - 74%	Geoforma residual
Tipo de cobertura vegetal presente en la zona	
Pastizales y arbustales	

La actualización de escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja			 <div>ALCALDIA MAYOR DE TUNJA</div>
Inventario de zonas erosivas y-o cárcavas			
Visita	Latitud	Longitud	
2	1 105 889	1 077 184	Grado de meteorización
Formación geológica	Tipo de erosión	Material comprometido	Alto
Guaduas (Ktg)	Hídrica	Suelo grueso, suelo fino y roca	Red de drenaje
Ubicación: Cárcava localizada en el kilómetro 6 de la vía Tunja- Motavita al sur de la sede campestre de la Fundación universitaria Juan de Castellanos.			Detrítico
			Subdetrítico 



Fotografías



Imagen 9. Ladera erosiva en la cual se presenta el avanzado proceso de la cárcava vista en su totalidad. Fuente Actualización escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja

Descripción: Geológicamente se desarrolla de la misma manera sobre rocas cretácicas de la formación guaduas (KTg) en el miembro con mayor predominancia de arcillas.

Espaciamiento entre canales	Grado de erosión con respecto a la geoforma
5 a 15 metros	Erosión alta (75% - 89%)
Erosión con respecto a cobertura vegetal	Geoforma resultante
Alta (>75%)	Geoforma residual
Tipo de cobertura vegetal presente en la zona	Uso del suelo
tierras desnudas, pastos limpios y pastos arbolados	Industrial

La actualización de escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja			 ALCALDIA MAYOR DE TUNJA
Inventario de zonas erosivas y-o cárcavas			
Visita	Latitud	Longitud	Grado de meteorización
3	1 105 239	1 074 449	
Formación geológica	Tipo de erosión	Material comprometido	Alto
Labor y tierna (Kg1)	Hídrica	Suelo grueso y roca	Red de drenaje
Localización: Se encuentra localizado tomando el desvío del kilómetro 2,4 hacia la derecha de la vía que conduce de Tunja a Cucaita y realizando un avance por dicha vía secundaria aproximadamente unos 700 m			Detrítico Subdetrítico 

Fotografías





Imagen 10. Sector lateral derecho de la cárcava donde se evidencia proceso avanzado.

Fuente Actualización escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja

Descripción: Geológicamente dicha zona erosiva se desarrolla sobre rocas cretácicas de la formación labor y tierna (Kg1) en el techo de la formación donde hay predominancia de areniscas cuarzosas.

Espaciamiento entre canales	Grado de erosión con respecto a la geoforma
5 a 15 metros	Baja (25% - 50%)
Erosión con respecto a cobertura vegetal	Geoforma resultante
Media (51% - 75%)	Geoforma denudada
Tipo de cobertura vegetal presente	Uso del suelo
Arbustales, matorrales y pastos limpios	Areas abiertas en condiciones aceptables

La actualización de escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja			 ALCALDIA MAYOR DE TUNJA
Inventario de zonas erosivas y-o cárcavas			
Visita	Latitud	Longitud	Grado de meteorización
4	1 105 738	1 083 936	
Formación geológica	Tipo de erosión	Material comprometido	Descompuesto
Bogotá (Tb)	Hídrica	Suelo fino	Red de drenaje
Localización: La presente cárcava se encuentra localizado tomando el desvío del kilómetro 3,2 hacia la izquierda de la vía que conduce de Tunja a Chivata y realizando un avance por dicha vía secundaria aproximadamente 2700 m.			<div>Detrítico</div> <div>Subdetrítico</div> 



Fotografías:



Imagen 11. Características del proceso erosivo la visita N°4. Fuente Actualización escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja

Descripción: Geológicamente dicha zona erosiva se desarrolla sobre rocas terciarias de la formación Bogotá (Tb), en la zona de la visita se evidencia una litología correspondiente a areniscas blancas cuarzosas de grano fino a medio

Espaciamiento entre canales	Grado de erosión con respecto a la geoforma
5 a 15 metros	Baja (25% - 50%)
Erosión con respecto a cobertura vegetal	Geoforma resultante
Media (51% - 75%)	Geoforma denudada
Tipo de cobertura vegetal presente	Uso del suelo
Pastos limpios y arbuastales abiertos	Estado de protección

La actualización de escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja			 ALCALDIA MAYOR DE TUNJA
Inventario de zonas erosivas y-o cárcavas			
Visita	Latitud	Longitud	
5	1 104 993	1 081 776	Grado de meteorización
Formación geológica	Tipo de erosión	Material comprometido	Descompuesto
Tilatá (Tst)	Hídrica	Suelo fino	Red de drenaje
Localización: El proceso erosivo intenso se encuentra localizada en la parte oriental del casco urbano de la ciudad, exactamente en zona nororiental del Aeropuerto Gustavo Rojas Pinilla.			Detrítico Subdetrítico 



Fotografías:



Imagen 12. Características del proceso erosivo en el sector nororiental del aeropuerto Gustavo Rojas Pinilla. Fuente Actualización escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja

Descripción: Geológicamente este proceso se desarrolla en rocas de edad terciaria de la formación Tilatá (Tst), el sector visitado ha sido afectado por acción hídrica generando erosión laminar y cárcavas de profundidades mayores a los 150 cm.

Espaciamiento entre canales	Grado de erosión con respecto a la geoforma
< 5 metros	Muy alta (>90%)
Erosión con respecto a cobertura vegetal	Geoforma resultante
Muy alta (<25%)	Badlands
Tipo de cobertura vegetal presente	Uso del suelo
Tierras desnudas y arbustales densos	Areas abiertas aceptables en estado de protección

La actualización de escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja			 ALCALDIA MAYOR DE TUNJA
Inventario de zonas erosivas y-o cárcavas			
Visita	Latitud	Longitud	
6	1 104 993	1 080 055	Grado de meteorización
Formación geológica	Tipo de erosión	Material comprometido	Descompuesto
Bogotá (Tb)	Hídrica	Suelo fino	Red de drenaje
Localización: Se encuentra en la parte suroriental de la ciudad en el sector industrial de la planta de concretos Argos de Tunja, tomando el desvío hacia la derecha exactamente en la estación de Gasolina Petrobras sobre la Vía principal Bogotá – Duitama y realizando un avance por dicha vía secundaria aproximadamente unos 500m.			Paralelo 

Fotografías:



Imagen 13. Proceso erosivo intenso en donde se evidencia la cercanía a zonas residenciales. Fuente Actualización escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja

Descripción: La acción hídrica ha generado erosión laminar, surcos menores a 50 cm de profundidad y cárcavas de profundidades mayores a los 150 cm

Espaciamiento entre canales	Grado de erosión con respecto a la geoforma
50 a 150 metros	Baja (25% - 50%)
Erosión con respecto a cobertura vegetal	Geoforma resultante
Media (51% - 75%)	Geoforma denudada
Tipo de cobertura vegetal presente	Uso del suelo
Tejido urbano discontinuo y algunas vegetaciones herbáceas	Residencial y vías secundarias sin pavimentar


Apreciación del riesgo: Este proceso erosivo en específico es de alta importancia en cuanto a nivel de riesgo por su cercanía a residencias dado que esta agravado por inadecuado relleno de las zonas erosivas, se evidencian grietas de tensión en el terreno y algunas deformaciones en el mismo relleno. Este tema competente al consejo municipal para la gestión de riesgos y desastres (CMGRD) y para la unidad de control urbano



CMGRD TUNJA



Imagen 14. Grietas de tensión desarrolladas en el relleno evidenciadas en cercanía a zonas residenciales. Fuente Actualización escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja

La actualización de escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja			 ALCALDIA MAYOR DE TUNJA
Inventario de zonas erosivas y-o cárcavas			
Visita	Latitud	Longitud	Grado de meteorización
7	1 101 590	1 080 316	
Formación geológica	Tipo de erosión	Material comprometido	Alta
Bogotá (Tb)	Hídrica	Suelo fino	Red de drenaje
Localización: visita se encuentra de igual forma que la anterior en la parte suroriental de la ciudad en el sector industrial de la planta de concretos Argos de Tunja avanzando aproximadamente 800 m del punto de la visita anterior y tomando el desvío del costado derecho la Vía principal Bogotá – Duitama y realizando un avance por dicha vía secundaria aproximadamente 200m			Interno

Fotografías:



Imagen 15. Proceso erosivo intenso en donde se evidencia la cercanía a zonas residenciales. Fuente Actualización escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja

Descripción: Esta visita es igualmente de importancia debido a la cercanía del proceso erosivo a una zona residencial, se evidencia erosión laminar, surcos menores a 50 cm de profundidad y cárcavas de profundidades mayores a los 150 cm

Espaciamiento entre canales	Grado de erosión con respecto a la geoforma
15 a 50 metros	Media (51% - 74%)
Erosión con respecto a cobertura vegetal	Geoforma resultante
Media (51% - 75%)	Geoforma remanente
Tipo de cobertura vegetal presente	Uso del suelo
Tejidos urbanos discontinuos, pastos y en menor proporción arbustales densos	Residencial y vías secundarias sin pavimentar

Apreciación del riesgo:




De igual forma que el proceso anteriormente descrito este es de alta importancia debido a las siguientes razones :


1. En el interior del proceso erosivo se encuentra ubicado un asentamiento urbano en el eje del encausamiento lo cual compone un escenario de riesgo debido al alto flujo de agua que discurre por allí en periodos de lluvias.
2. Adicional al riesgo descrito anteriormente se le suma la identificación de cortes de taludes para construcción de viviendas sin características técnicas agravando el proceso erosivo y de igual manera se evidencia el mal manejo de basuras y escombros.



*Imagen 16. Encajonamiento de la vivienda contra el talud en estado completamente vertical.
Fuente Actualización escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja*

El caso de esta vivienda se encuentra en estos momentos reportado ante la secretaria de infraestructura, razón por la cual ya se realizó la visita técnica por parte del ingeniero geólogo y también por parte de control urbano como se muestra en la metodología para este tipo de casos, encontrando que dicha construcción no posee los permisos legales para su levantamiento y este caso en estos momentos se encuentra en el último estado de diagnóstico.

La actualización de escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja			 ALCALDIA MAYOR DE TUNJA
Inventario de zonas erosivas y-o cárcavas			
Visita	Latitud	Longitud	
8	1 101 687	1 080 365	Grado de meteorización
Formación geológica	Tipo de erosión	Material comprometido	Alto
Bogotá (Tb)	Hídrica	Suelo grueso y suelo fino	Red de drenaje
Localización: Se encuentra localizada en la parte suroriental del casco urbano de la ciudad, para llegar a este punto se debe avanzar 290 m de la intersección vial Villapinzón – Tunja y dirigirse por la carretera que conduce hacia el municipio e Soracá, encontrándose en el costado derecho de la vía.			Interno
Fotografías:			
<div></div> <p>Imagen 17. Características del proceso erosivo visto en campo. Fuente Actualización escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja</p>			
Descripción: En la presente zona el fenomeno erosivo ha actuado sobre arcillas con algunos niveles de areniscas en las cuales presentan erosion de tipo laminar moderada, surcos de alta severidad de una profundidad menor a 50 cm y carcavas mayores a 150 cm de profundidad.			
Espaciamiento entre canales		Grado de erosión con respecto a la geoforma	
15 a 50 metros		Alta (75% - 89%)	
Erosión con respecto a cobertura vegetal		Geoforma resultante	
Media (51% - 75%)		Geoforma residual	
Tipo de cobertura vegetal presente		Uso del suelo	
Tierras desnudas,pastos, arbustales densos y vegetacion herbacea		Residencial y areas en estado de protección	

La actualización de escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja			 ALCALDIA MAYOR DE TUNJA
Inventario de zonas erosivas y-o cárcavas			
Visita	Latitud	Longitud	
9	1 101 687	1 080 963	Grado de meteorización
Formación geológica	Tipo de erosión	Material comprometido	Alto
Bogotá (Tb)	Hídrica	Suelo fino	Red de drenaje
Localización: Se encuentra localizada en la parte suroriental del casco urbano de la ciudad, exactamente enfrente del inmediato punto anterior siguiendo las mismas instrucciones de localización avanzando 290 m desde la intersección vial Villapinzón – Tunja y dirigirse por la carretera que conduce hacia el municipio e Soracá.			Interno


Fotografías:



Imagen 18. Características del proceso erosivo visto en campo. Fuente Actualización escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja

Descripción: El sector visitado es muy similar al anterior, presenta erosión de tipo laminar severa, surcos de alta severidad de una profundidad menor a 50 cm, barrancos de alta severidad de erosión con profundidades que oscilan entre los 51 y 150 cm, y cárcavas mayores a 150 cm de profundidad con un espaciamiento entre canales de distancias entre 5 a 15 metros.

Espaciamiento entre canales	Grado de erosión con respecto a la geoforma
5 a 15 metros	Alta (75% - 89%)
Erosión con respecto a cobertura vegetal	Geoforma resultante
Alta (25% - 50%)	Geoforma residual
Tipo de cobertura vegetal presente	Uso del suelo
Tierras desnudas, pastos, arbustales densos y vegetación herbácea	Ganadería, infraestructura vial y en menor proporción para uso residencial

La actualización de escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja			 ALCALDIA MAYOR DE TUNJA
Inventario de zonas erosivas y-o cárcavas			
Visita	Latitud	Longitud	Grado de meteorización
10	1 102 701	1 081 284	
Formación geológica	Tipo de erosión	Material comprometido	Alto
Bogotá (Tb)	Hídrica	Suelo fino	Red de drenaje
Localización: Se localiza avanzando aproximadamente 1300 m desde intersección vial Tunja – Soracá y dirigirse por la carretera que conduce hacia la ciudad de Duitama, el sector se conoce como “El Curubal”.			Interno


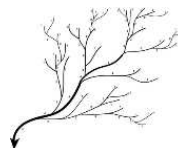
Fotografías:



Imagen 19. Características del proceso erosivo visto en campo. Fuente Actualización escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja

Descripción: Se presenta erosión de tipo laminar severa, surcos de alta severidad con una profundidad menor a 50 cm, barrancos de alta severidad con profundidades que oscilan entre los 51 y 150 cm, y cárcavas mayores a 150 cm de profundidad

Espaciamiento entre canales	Grado de erosión con respecto a la geoforma
15 a 50 metros	Alta (75% - 89%)
Erosión con respecto a cobertura vegetal	Geoforma resultante
Alta (25% - 50%)	Geoforma residual
Tipo de cobertura vegetal presente	Uso del suelo
Tierras desnudas principalmente ,pastos, arbustales abiertos y vegetacion herbacea	Areas en estado de protección

La actualización de escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja			 ALCALDIA MAYOR DE TUNJA
Inventario de zonas erosivas y-o cárcavas			
Visita	Latitud	Longitud	
11	1 103 410	1 081 796	Grado de meteorización
Formación geológica	Tipo de erosión	Material comprometido	Alto
Bogotá (Tb)	Hídrica	Suelo fino	Red de drenaje
Localización: Se encuentra localizada en la parte suroriental del casco urbano de la ciudad, aproximadamente 2500 m sobre la variante Bogotá – Duitama desde el terminal nuevo de transportes de la ciudad de Tunja y luego de esto avanzar 600 m por la vía secundaria del costado derecho.			Detrítico 


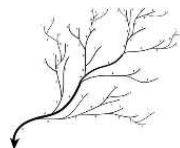
Fotografías:



Imagen 20. Características del proceso erosivo visto en campo. Fuente Actualización escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja

Descripción: Se evidencia erosión de tipo laminar severa, surcos de alta severidad de una profundidad menor a 50 cm, barrancos de alta severidad de erosión con profundidades que oscilan entre los 51 y 150 cm, y cárcavas mayores a 150 cm.

Espaciamiento entre canales	Grado de erosión con respecto a la geoforma
15 a 50 metros	Baja (25% - 50%)
Erosión con respecto a cobertura vegetal	Geoforma resultante
Baja (>75%)	Geoforma denudada
Tipo de cobertura vegetal presente	Uso del suelo
Arbustales, pastos enmalezados y tierras desnudas	Residencial, infraestructura vial y pastoreo en menor proporción

La actualización de escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja			 ALCALDIA MAYOR DE TUNJA
Inventario de zonas erosivas y-o cárcavas			
Visita	Latitud	Longitud	
12	1 107 128	1 083 604	Grado de meteorización
Formación geológica	Tipo de erosión	Material comprometido	Alto
Tilatá (Tst).	Hídrica	Suelo fino y suelo grueso	Red de drenaje
Localización: se encuentra localizada en la parte nororiental de la ciudad, para encontrar la zona debe seguir 1,5 km a partir del centro comercial Green Hills en sentido Tunja- Bogotá y luego avanzar hacia la izquierda aproximadamente 1400 m por la vía secundaria del costado			Detrítico 


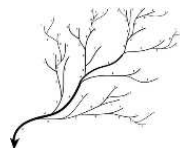
Fotografías:



Imagen 21. Características del proceso erosivo visto en campo. Fuente Actualización escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja

Descripción: En la zona se evidencia arcillas y limos que presentan erosión de tipo laminar severa, surcos de alta severidad de una profundidad menor a 50 cm, barrancos de alta severidad de erosión con profundidades que oscilan entre los 51 y 150 cm, y cárcavas mayores a 150 cm de profundidad

Espaciamiento entre canales	Grado de erosión con respecto a la geoforma
15 a 50 metros	Alto (75% - 89%)
Erosión con respecto a cobertura vegetal	Geoforma resultante
Baja (>75%)	Geoforma residual
Tipo de cobertura vegetal presente	Uso del suelo
Arbustales, vegetación herbácea, pastos enmalezados y tierras desnudas	Pastoreo y en menor proporción para uso residencial

La actualización de escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja			 ALCALDIA MAYOR DE TUNJA
Inventario de zonas erosivas y-o cárcavas			
Visita	Latitud	Longitud	
13	1 102 468	1 078 804	Grado de meteorización
Formación geológica	Tipo de erosión	Material comprometido	Alto
Bogotá (Tb)	Hídrica	Suelo fino y suelo grueso	Red de drenaje
Localización: La presenta visita se encuentra dentro del perímetro del casco urbano de la ciudad de Tunja en la carrera 7 con calle 7b perteneciente al barrio Bolívar ubicado en el sur de la ciudad.			Detrítico 

Fotografías:



Imagen 22. Características del proceso erosivo en el costado derecho. Fuente Actualización escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja

Descripción: Se evidencia un proceso erosivo tipo cárcava el cual se encuentra muy cerca de la zona residencial, las arcillas y limos presentan erosión de tipo laminar severa, surcos de alta severidad de una profundidad menor a 50 cm y cárcavas de severidad moderada.



Espaciamiento entre canales	Grado de erosión con respecto a la geoforma
15 a 50 metros	Sin erosión (<25%)
Erosión con respecto a cobertura vegetal	Geoforma resultante
Sin erosión (>75%)	Geoforma original
Tipo de cobertura vegetal presente	Uso del suelo
Pastos limpios, arbustales abiertos, tejido urbano.	Residencial y áreas en protección

Observaciones: En el sector se encuentra en proteccion debido a la imposibilidad legal y tecnica para la construccion de infraestructura en el sector, sin embargo se puede evidenciar que algunas zonas presentan terraceo aparentemente para construccion de viviendas.

Como se puede observar en las siguientes fotografias de campo, se evidencia la presencia obras geotecnicas en este caso gaviones los cuales no estan realizando ningun trabajo ingenieril en especifico en el sitio que fueron puestos pues no hay presencia de un movimiento en masa que necesite ser estabilizado por dicha obra, no se evidencia caida de rocas, detritos, tierras y tampoco un deslizamiento de cualquier tipo que afecte la zona, por tal razon no cumplen ninguna funcion en el sitio que fueron dispuestos.



Imagen 23. Características del proceso erosivo en la parte central izquierda, se evidencia una mala disposición de los gaviones. Fuente Actualización escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja

La actualización de escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja			 ALCALDIA MAYOR DE TUNJA
Inventario de zonas erosivas y-o cárcavas			
Visita	Latitud	Longitud	Grado de meteorización
14	1 102 323	1 078 841	
Formación geológica	Tipo de erosión	Material comprometido	Moderado
Bogotá (Tb)	Hídrica	Roca	Red de drenaje
Localización: Se encuentra dentro del perímetro del casco urbano de la ciudad de Tunja en la carrera 10 con calle 7 perteneciente al barrio Bolívar ubicado en el sur de la ciudad			Detrítico 



Fotografías:



Imagen 24. Características del proceso erosivo visto en campo. Fuente Actualización escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja

Descripción: Se evidencia un proceso erosivo tipo cárcava de severidad moderada el cual se encuentra muy cerca de la zona residencial, vías principales y avenida oriental; afecta areniscas cuarzosas de color blanco de grano fino a medio.

Espaciamiento entre canales	Grado de erosión con respecto a la geoforma
15 a 50 metros	Baja (25% - 50%)
Erosión con respecto a cobertura vegetal	Geoforma resultante
Baja (>75%)	Geoforma denudada
Tipo de cobertura vegetal presente	Uso del suelo
Arbustales densos principalmente, pastos limpios y zonas sin cobertura	Zona de protección, en la parte baja se encuentra un lavadero de carros

La actualización de escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja			 ALCALDIA MAYOR DE TUNJA
Inventario de zonas erosivas y-o cárcavas			
Visita	Latitud	Longitud	
15	1 103 038	1 078 191	Grado de meteorización
Formación geológica	Tipo de erosión	Material comprometido	Alto
Bogotá (Tb)	Hídrica	Suelo fino y suelo grueso	Red de drenaje
Localización: Se encuentra dentro del perímetro del casco urbano de la ciudad de Tunja en la carrera 18 con calle 12 perteneciente al barrio Paraíso ubicado en el suroccidente de la ciudad.			Detrítico 



Fotografías:



Imagen 25. Características del proceso erosivo visto en campo. Fuente Actualización escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja

Descripción: Se evidencia un proceso erosivo el cual se encuentra muy cerca de la zona residencial y vías, la litología afectada son arenas con algunos niveles arcillosos en los cuales presentan erosión de tipo laminar severa, surcos de alta severidad de profundidad menor a 50 cm, barrancos de alta severidad de erosión con profundidades que entre los 51 y 150 cm, y cárcavas en su proceso inicial.

Espaciamiento entre canales	Grado de erosión con respecto a la geoforma
15 a 50 metros	Media (51% - 74%)
Erosión con respecto a cobertura vegetal	Geoforma resultante
Media (51% - 74%)	Geoforma remanente
Tipo de cobertura vegetal presente	Uso del suelo
Tierras desnudas	No hay un uso específico debido a que la ladera está altamente degradada

La actualización de escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja			 ALCALDIA MAYOR DE TUNJA
Inventario de zonas erosivas y-o cárcavas			
Visita	Latitud	Longitud	
16	1 102 868	1 0781 49	Grado de meteorización
Formación geológica	Tipo de erosión	Material comprometido	Alto
Bogotá (Tb)	Hídrica	Suelo fino	Red de drenaje
Localización: Se encuentra dentro del perímetro del casco urbano de la ciudad de Tunja en la carrera 17A con calle 10 perteneciente al barrio Paraíso ubicado en el suroccidente de la ciudad			Paralelo 


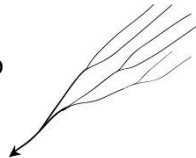
Fotografías:



Imagen 26. Características del proceso erosivo visto en campo. Fuente Actualización escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja

Descripción: Se evidencia erosión de tipo laminar severa, surcos de alta severidad de una profundidad menor a 50 cm, barrancos de alta severidad de erosión con profundidades que oscilan entre los 51 y 150 cm, y cárcavas de profundidades mayores a los 150 cms

Espaciamiento entre canales	Grado de erosión con respecto a la geoforma
15 a 50 metros	Baja (25% - 50%)
Erosión con respecto a cobertura vegetal	Geoforma resultante
Media (51% - 74%)	Geoforma denudada
Tipo de cobertura vegetal presente	Uso del suelo
Pastos, arbustales abiertos, zonas sin cobertura	Residencial, sin uso.

La actualización de escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja			 ALCALDIA MAYOR DE TUNJA
Inventario de zonas erosivas y-o cárcavas			
Visita	Latitud	Longitud	
17	1 103 291	1 077 988	Grado de meteorización
Formación geológica	Tipo de erosión	Material comprometido	Alto
Bogotá (Tb)	Hídrica	Suelo fino	Red de drenaje
Localización: Se encuentra fuera del perímetro del casco urbano de la ciudad de Tunja en la diagonal 16 sobre el costado derecho de la vía destapada que conduce con la vereda Tras del alto en el suroccidente de la ciudad.			Paralelo 


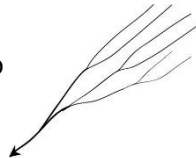
Fotografías:



Imagen 27. Características del proceso erosivo visto en campo. Fuente Actualización escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja

Descripción: Areniscas cuarzosas las cuales presenta erosión de tipo laminar severa, surcos de alta severidad de una profundidad menor a 50 cm, barrancos de alta severidad de erosión con profundidades que oscilan entre los 51 y 150 cm, y cárcavas de profundidades mayores a los 150 cm.

Espaciamiento entre canales	Grado de erosión con respecto a la geoforma
15 a 50 metros	Baja (25% - 50%)
Erosión con respecto a cobertura vegetal	Geoforma resultante
Media (51% - 74%)	Geoforma denudada
Tipo de cobertura vegetal presente	Uso del suelo
Pastos, vegetación herbácea, arbustales abiertos, zonas sin cobertura	Zona de protección

La actualización de escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja			 ALCALDIA MAYOR DE TUNJA
Inventario de zonas erosivas y-o cárcavas			
Visita	Latitud	Longitud	
18	1 104 991	1 078 990	Grado de meteorización
Formación geológica	Tipo de erosión	Material comprometido	Alto
Bogotá (Tb)	Hídrica	Suelo fino y suelo grueso	Red de drenaje
Localización: Se encuentra en el perímetro del casco urbano de la ciudad de Tunja en la parte occidental, el proceso de interés se encuentra en cercanía del conjunto residencial Torres del parque.			Paralelo 

Fotografías:



Imagen 28. Características del proceso erosivo visto en campo. Fuente Actualización escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja

Descripción: Se presentan erosión de tipo laminar severa, surcos de alta severidad con espaciamentos de canales entre los 5 y 10m de distancia con una profundidad menor a 50 cm y cárcavas de profundidades mayores a los 150 cm.

Espaciamiento entre canales	Grado de erosión con respecto a la geoforma
50 a 150 metros	Baja (25% - 50%)
Erosión con respecto a cobertura vegetal	Geoforma resultante
Baja (>75%)	Geoforma denudada
Tipo de cobertura vegetal presente	Uso del suelo
Pastos, vegetación herbácea, arbustales abiertos, zonas sin cobertura	Zona de protección

Apreciación del riesgo y observaciones:

El proceso erosivo ha sido rellenado con material de diferente granulometría en años pasados para realizar construcción de viviendas, un polideportivo, bodegas, entre otros. También se pueden evidenciar algunos encajamientos para construcción en el sector.



En este sector se encuentran ubicadas las torres de apartamentos de interés social llamadas “Torres del parque” las cuales al día de hoy en un fallo recién han sido calificadas como vivienda de alto riesgo para sus habitantes y se ha ordenado su demolición, técnicamente se puede suponer que si se hablan de problemas estructurales puede tener relación alguna con el relleno sobre el cual están construidas o con los materiales de construcción utilizados para la ejecución del proyecto.

<<Seis torres de la urbanización Torres del Parque, al occidente de Tunja están en riesgo inminente de desplomarse, según un estudio de vulnerabilidad realizado por expertos de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia de Tunja. La estructura de las viviendas no soportarían las cargas gravitacionales necesarias en el momento en el que se presente un evento sísmico>>

Fuente Caracol radio noticias.



*Imagen 29. Torres de apartamentos afectadas por problemas estructurales.
Fuente Actualización escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja*

La actualización de escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja			 ALCALDIA MAYOR DE TUNJA
Inventario de zonas erosivas y-o cárcavas			
Visita	Latitud	Longitud	Grado de meteorización
19	1 106 589	1 080 430	
Formación geológica	Tipo de erosión	Material comprometido	Descompuesto
Bogotá (Tb)	Hídrica	Suelo fino	Red de drenaje
Localización: La presenta visita se encuentra en el perímetro del casco urbano de la ciudad de Tunja en la parte nororiental perteneciente al barrio Los Héroes y en cercanía a la estancia del roble			<div>Detrítico</div> 



Fotografías:



Imagen 30. Características del proceso erosivo visto en campo. Fuente Actualización escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja

Descripción: areniscas cuarzosas en los cuales presentan erosion de tipo laminar severa, surcos de alta severidad de una profundidad menor a 50 cm, barrancos de alta severidad de erosion con profundidades que oscilan entre los 51 y 150 cm, y carcavas de profundidades mayores a los 150 cms

Espaciamiento entre canales	Grado de erosión con respecto a la geoforma
5 a 15 metros	Media (51% - 74%)
Erosión con respecto a cobertura vegetal	Geoforma resultante
Media (51% - 74%)	Geoforma remanente
Tipo de cobertura vegetal presente	Uso del suelo
Pastos arbolados, pastos limpios y zonas sin cobertura y tejido urbano	Zona de protección y bajos porcentajes de zonas verdes

La actualización de escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja			 ALCALDIA MAYOR DE TUNJA
Inventario de zonas erosivas y-o cárcavas			
Visita	Latitud	Longitud	Grado de meteorización
20	1 107 103	1 080 654	
Formación geológica	Tipo de erosión	Material comprometido	Alto
Bogotá (Tb)	Hídrica	Suelo fino y suelo grueso	Red de drenaje
Localización: Se encuentra dentro del perímetro del casco urbano de la ciudad de Tunja perteneciente al barrio José Joaquín Camacho ubicado en el Norte de la ciudad			Paralelo 



Fotografías:



Imagen 31. Características del proceso erosivo visto en campo. Fuente Actualización escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja

Descripción: areniscas con niveles de arcilla en los cuales presentan erosión de tipo laminar moderada y cárcavas moderadas de profundidades mayores a los 150 cm las cuales se encuentran muy cerca de la zona residencial.

Espaciamiento entre canales	Grado de erosión con respecto a la geoforma
5 a 15 metros	Sin erosión (<25%)
Erosión con respecto a cobertura vegetal	Geoforma resultante
Sin erosión (>90%)	Geoforma original
Tipo de cobertura vegetal presente	Uso del suelo
Pastos limpios y vegetación herbácea	Zona de protección

La actualización de escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja			 ALCALDIA MAYOR DE TUNJA
Inventario de zonas erosivas y-o cárcavas			
Visita	Latitud	Longitud	
21	1 107 438	1 080 572	Grado de meteorización
Formación geológica	Tipo de erosión	Material comprometido	Alto
Bogotá (Tb)	Hídrica	Suelo fino, suelo grueso, roca	Red de drenaje
Localización: Se encuentra dentro del perímetro del casco urbano de la ciudad de Tunja perteneciente al barrio Villa Luz ubicado en el Noroccidente de la ciudad			Paralelo 


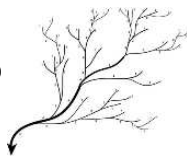
Fotografías:



Imagen 32. Características del proceso erosivo visto en campo. Fuente Actualización escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja

Descripción: Areniscas con niveles arcillosos en los cuales presentan erosión de tipo laminar severa, surcos de alta severidad de una profundidad menor a 50 cm, barrancos de alta severidad de erosión con profundidades que oscilan entre los 51 y 150 cm, y cárcavas de profundidades mayores a los 150 cm

Espaciamiento entre canales	Grado de erosión con respecto a la geoforma
5 a 15 metros	Media (51% - 74%)
Erosión con respecto a cobertura vegetal	Geoforma resultante
Media (51% - 74%)	Geoforma remanente
Tipo de cobertura vegetal presente	Uso del suelo
Pastos limpios, vegetación herbácea y arbustiva, tejido urbano	Residencial, infraestructura vial y zona de protección

La actualización de escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja			 ALCALDIA MAYOR DE TUNJA
Inventario de zonas erosivas y-o cárcavas			
Visita	Latitud	Longitud	Grado de meteorización
22	1 108 380	1 081 334	
Formación geológica	Tipo de erosión	Material comprometido	Alto
Bogotá (Tb)	Hídrica	Suelo fino y suelo grueso	Red de drenaje
Localización: Se encuentra dentro del perímetro del casco urbano de la ciudad de Tunja perteneciente al barrio Los Muisca ubicado en el norte de la ciudad			Detrítico 



Fotografías:



Imagen 33. Características del proceso erosivo visto en campo. Fuente Actualización escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja

Descripción: Areniscas con niveles arcillosos en los cuales presentan erosión de tipo laminar severa, surcos de alta severidad de una profundidad menor a 50 cm y cárcavas de profundidades mayores a los 150 cm las cuales se encuentran cerca a la zona residencial.

Espaciamiento entre canales	Grado de erosión con respecto a la geoforma
5 a 15 metros	Baja (25% - 50%)
Erosión con respecto a cobertura vegetal	Geoforma resultante
Baja (> 75%)	Geoforma denudada
Tipo de cobertura vegetal presente	Uso del suelo
Pastos limpios, tejido urbano y zonas sin cobertura	Pastoreo, seguido de zonas de protección y en mínima cantidad áreas residenciales.

La actualización de escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja			 ALCALDIA MAYOR DE TUNJA
Inventario de zonas erosivas y-o cárcavas			
Visita	Latitud	Longitud	Grado de meteorización
23	1 104 634	1 079 315	
Formación geológica	Tipo de erosión	Material comprometido	Alto
Bogotá (Tb)	Hídrica	Suelo grueso	Red de drenaje
Localización: Se encuentra dentro del perímetro del casco urbano de la ciudad de Tunja localizado en la Cra 8 con calle 64 perteneciente al barrio Villa Luz ubicado en el norte de la ciudad			Paralelo 


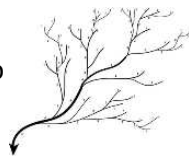
Fotografías:



Imagen 34. Características del proceso erosivo visto en campo. Fuente Actualización escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja

Descripción: Areniscas con niveles arcillosos en los cuales presentan erosión de tipo laminar moderada, surcos de moderada severidad de una profundidad menor a 50 cm y cárcavas apenas en estado inicial de formación.

Espaciamiento entre canales	Grado de erosión con respecto a la geoforma
5 a 15 metros	Sin erosión (<25%)
Erosión con respecto a cobertura vegetal	Geoforma resultante
Sin erosión (> 90%)	Geoforma original
Tipo de cobertura vegetal presente	Uso del suelo
Vegetación herbácea, pastos limpios y zonas sin cobertura	Zonas de protección y en mínima cantidad áreas residenciales.

La actualización de escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja			 ALCALDIA MAYOR DE TUNJA
Inventario de zonas erosivas y-o cárcavas			
Visita	Latitud	Longitud	Grado de meteorización
24	1 106 238	1 082 289	
Formación geológica	Tipo de erosión	Material comprometido	Descompuesto
Bogotá (Tb)	Hídrica	Suelo fino	Red de drenaje
Localización: Se encuentra localizada en el costado izquierdo de la Vía Tunja-Duitama frente al cementerio parques del recuerdo			Detrítico 


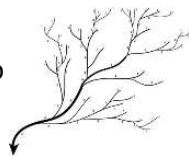
Fotografías:



Imagen 35. Características del proceso erosivo visto en campo. Fuente Actualización escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja

Descripción: Arcillas y limos en los cuales presentan erosión de tipo laminar severa, surcos de alta severidad de una profundidad menor a 50 cm, barrancos de profundidades entre los 51 y 150 cm de severidad alta y cárcavas de profundidades mayores a los 150 cm

Espaciamiento entre canales	Grado de erosión con respecto a la geoforma
5 a 15 metros	Alta (75% - 89%)
Erosión con respecto a cobertura vegetal	Geoforma resultante
Muy alta (<25%)	Geoforma residual
Tipo de cobertura vegetal presente	Uso del suelo
Pastos arbolados y enmalezados, tierras desnudas	Industrial y sin uso

La actualización de escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja			 ALCALDIA MAYOR DE TUNJA
Inventario de zonas erosivas y-o cárcavas			
Visita	Latitud	Longitud	
25	1 106 223	1 081 997	Grado de meteorización
Formación geológica	Tipo de erosión	Material comprometido	Alto
Bogotá (Tb)	Hídrica	Suelo fino y suelo grueso	Red de drenaje
Localización: Se encuentra localizada en la parte norte del casco urbano de la ciudad, el escenario se encuentra en el primer kilómetro de la vía Tunja – Paipa tomando el desvío del costado derecho y avanzando aproximadamente 300 m			Detrítico 

Fotografías:



Imagen 36. Características del proceso erosivo visto en campo. Fuente Actualización escenarios de riesgos geológicos en la ciudad de Tunja

Descripción: Arcillas y limos en los cuales presentan erosión de tipo laminar severa, surcos de alta severidad de una profundidad menor a 50 cm, barrancos de profundidades entre los 51 y 150 cm de severidad alta y cárcavas de profundidades mayores a los 150 cm.

Espaciamiento entre canales	Grado de erosión con respecto a la geoforma
5 a 15 metros	Alta (75% - 89%)
Erosión con respecto a cobertura vegetal	Geoforma resultante
Alta (25% - 50%)	Geoforma residual
Tipo de cobertura vegetal presente	Uso del suelo
Tierras desnudas, arbustales densos y pastos enmalezados	Industrial y sin uso

4.3 INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA EN TUNJA

Las realizaciones de las visitas técnicas contempladas dentro del proyecto se encuentran resumidas en las siguientes tablas y gráficos estadísticos:

Nº Movimiento	Tipo de movimiento	Importancia	Estado del movimiento
1	Caída de rocas	Baja	Activo
2	Caída de rocas	Baja	Activo
3	Deslizamiento traslacional	Baja	Activo
4	Caída de detritos	Baja	Activo
5	Caída de detritos, rocas y tierras	Alta	Suspendido
6	Deslizamiento traslacional	Alta	Activo
7	Caída de rocas	Alta	Activo
8	Deslizamiento rotacional	Bajo	Estabilizado
9	Caída de detritos	Alto	Activo

*Tabla 2. Movimientos presentes en la ciudad de Tunja, importancia y estado del mismo.
Fuente El Estudio*

Se evidencian un total de nueve movimientos en masa a nivel urbano y rural; en cada visita técnica se diligenció el formato SIMMA y se realizó una compilación fotográfica de cada movimiento visitado con sus propias características y afectaciones.

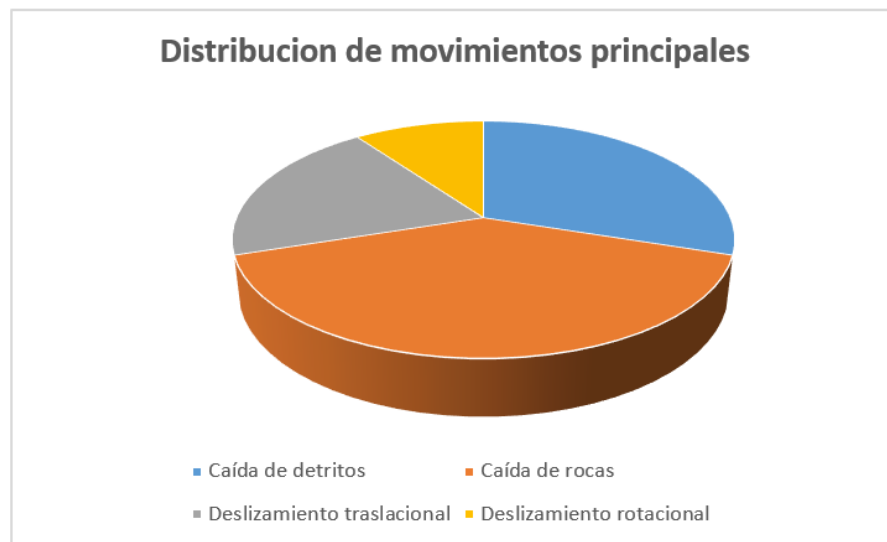


Figura 15. Estadísticas de tipos de movimientos encontrados en el área de estudio. Fuente el estudio

El movimiento en masa más común en el área es la caída de rocas, con un total de cuatro fenómenos encontrados, los cuales representan el 40%, seguidos de la presencia de caída de detritos (30%), deslizamientos traslacionales (20%) y deslizamientos rotacionales (10%).

Se puede afirmar que existe una relación directa entre la mayor frecuencia de la caída de rocas y detritos con la litología de la formación Bogotá (Tb) y con la intervención antrópica de la realización de los cortes viales. En las visitas realizadas se observaron cantos y bloques a la vista, predominantes en la mayor parte de los cortes viales, los cuales se presentan en menor tendencia en movimientos de remoción en masa ocurridos en la misma formación, pero en zonas donde no se presenta acción antrópica.

La figura 16 permite observar que el 55% de los movimientos registrados en la ciudad de Tunja presentan una importancia baja en cuanto al nivel de riesgo se refiere, esta clasificación se da de acuerdo a la descripción y caracterización presentada a continuación:



Figura 16. Estadísticas de importancia de los movimientos encontrados en el área de estudio según el formato SIMMA. Fuente el estudio

4.4 INVENTARIO DE ZONAS EROSIVAS TIPO CARCAVA EN TUNJA

Para la zona de estudio se evidencio desarrollo de zonas erosivas tipo cárcava en cuatro formaciones. Las cárcavas que presentan mayor desarrollo, se observan en rocas de la formación Bogotá (Tb), seguida por la formación Guaduas (Ktg), Tilatá(Tst) y en menor proporción Labor y tierna (Kg1).

Es así que el 80% de las zonas erosivas tipo cárcava están en la F. Bogotá, el 8% corresponde a la F. Guaduas, de la misma forma 8% a la F. Tilatá y 4% a Labor y tierna.

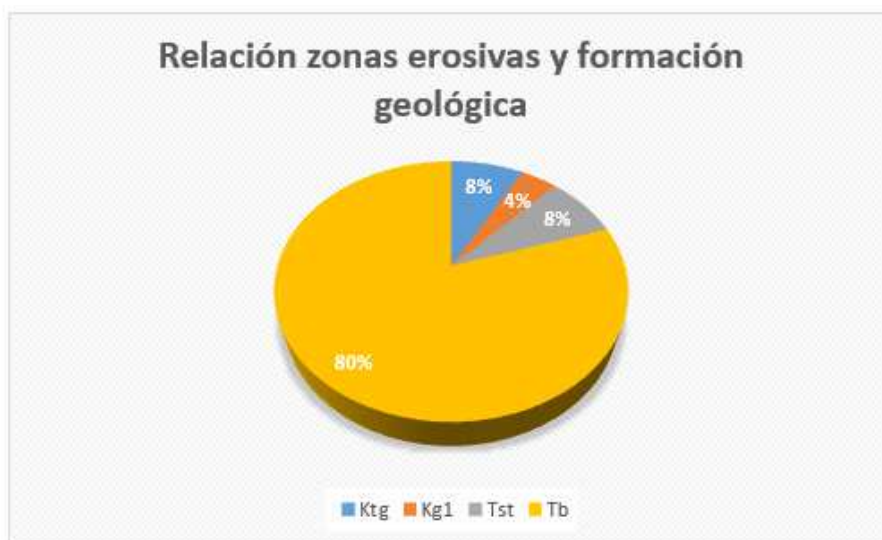


Figura 17. Relación zonas erosivas y formación geológica en la que se desarrollan. Fuente el estudio

Zona erosiva	Formacion geologica	Estado de meteorizacion
1	Guaduas (Ktg)	Alto
2	Guaduas (Ktg)	Alto
3	Labor y tierna (Kg1)	Alto
4	Bogotá (Tb)	Descompuesto
5	Tilatá (Tst)	Descompuesto
6	Bogotá (Tb)	Descompuesto
7	Bogotá (Tb)	Alto
8	Bogotá (Tb)	Alto
9	Bogotá (Tb)	Alto
10	Bogotá (Tb)	Alto
11	Bogotá (Tb)	Alto
12	Tilatá (Tst)	Alto
13	Bogotá (Tb)	Alto
14	Bogotá (Tb)	Moderado
15	Bogotá (Tb)	Alto
16	Bogotá (Tb)	Alto
17	Bogotá (Tb)	Alto
18	Bogotá (Tb)	Alto
19	Bogotá (Tb)	Descompuesto
20	Bogotá (Tb)	Alto
21	Bogotá (Tb)	Alto
22	Bogotá (Tb)	Alto
23	Bogotá (Tb)	Alto
24	Bogotá (Tb)	Descompuesto
25	Bogotá (Tb)	Alto

Tabla 3. Relación zonas erosivas, formación geológica y estado de meteorización. Fuente El Estudio

A partir de este análisis se puede observar que la formación Bogotá es la más propensa a desarrollo de zonas erosivas tipo cárcava, en primer lugar, debido a que esta aflora en una gran extensión superficial del territorio y en segundo lugar a que su composición litológica favorece a los procesos erosivos en la zona de estudio.



Figura 18. Estadísticas relación entre zonas erosivas y estado de meteorización.

La figura 18 representa estadísticas del grado de meteorización en el que se encuentran las zonas erosivas, se puede observar que más del 50% de las zonas afectadas se encuentran en un nivel alto de meteorización, lo cual indica que estas cárcavas tienen edades avanzadas y su nivel de erosión sigue en aumento. El 20% de las zonas visitadas se encuentran en un estado de meteorización descompuesto lo cual sirve para deducir la vulnerabilidad de estas zonas ante procesos erosivos y que se trata de procesos de edad aún más avanzada. El 4% de los procesos visitados en el proyecto presentan una erosión moderada indicando así que son más jóvenes que los anteriores descritos.

Capítulo 2

5. CONCEPTOS TÉCNICOS SOBRE VISITAS REALIZADAS POR LA SECRETARÍA A SOLICITUD DE LA COMUNIDAD

Durante el trabajo de pasantía se realizó un acompañamiento a cuatro visitas técnicas; dos en el perímetro urbano y dos en el sector rural de la ciudad, las cuales fueron solicitadas a la alcaldía por parte de la comunidad. A continuación, se relacionan los respectivos informes emitidos.

5.1 INFORME N°1 - INFORME VISITA TECNICA No. CMGDR 2017 1.10-6-2-263.

Fecha: 12 de diciembre de 2017

Localidad: Tunja, Boyacá

Dirección: Carrera 9# 10-56 – José Hernando Moreno Núñez

Descripción general

Acompañamiento a la visita técnica realizada el día 14 de diciembre, a la dirección indicada, con el fin de verificar el estado actual de la edificación mediante inspección visual, para proceder a informar al consejo municipal del riesgo de desastres –CMGRD -de la ciudad de Tunja.

SOLICITUD PREVIA:

Mediante solicitud radicada en el grupo de gestión de riesgo de desastres, se manifiesta problemática presentada por excavación realizada en el lote contiguo a la vivienda propiedad del señor José Hernando Moreno Núñez, quien manifiesta su preocupación por la posible afectación de la vivienda de su propiedad.

OBSERVACIONES TÉCNICAS:

- Mediante el acompañamiento a la visita técnica realizada se evidencia una vivienda de 3 niveles en mampostería, la cual se localiza al costado sur del lote ya mencionado.
- Se identifica un lote excavado en un nivel de hasta 3,5 metros aproximadamente bajo el nivel de cimentación de la vivienda, dejando expuesto en la parte delantera de la misma el terreno sobre el cual esta cimentada.
- En la parte trasera de la vivienda se evidencia una construcción a nivel más bajo, dejando expuesta la excavación únicamente muros de la misma.
- En la vivienda de interés no se evidenciaron socavaciones, desplazamientos del terreno o daños a nivel estructural.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los propietarios del lote en el cual se está desarrollando la construcción, la realización de medidas de contención necesarias como un muro, el cual evite daños en la vivienda contigua perteneciente al señor José Hernando Moreno Núñez.

- Evitar las cargas excesivas en la zona próxima al talud, al menos hasta finalizar la edificación del lote o construcción de las estructuras de contención en caso de estar proyectadas.
- Se recomienda dar seguimiento a la vivienda y al terreno, con el fin de identificar e informar aparición de grietas, desniveles que se puedan presentar en la vivienda mencionada.

ADVERTENCIA

Las conclusiones y recomendaciones consignadas en el presente diagnóstico, están basadas en las observaciones directas en campo de las características del sector, por lo tanto, pueden presentarse situaciones no previstas posteriores a la visita que se escapen a su alcance; el anterior concepto se da el día 14 de Diciembre de 2017, y bajo las condiciones observadas a la fecha, por lo anterior no nos hacemos responsables por los cambios efectuados y ocurridos con posterioridad a la fecha de presentación de este informe técnico.

REGISTRO FOTOGRAFICO



Imagen 37. Afectación de la vivienda Visita N°1

5.2 INFORME N°2 - INFORME VISITA TECNICA No. CMGDR 2017 1.10-6-2-263.

Fecha: 8 de noviembre de 2017

Localidad: Tunja, Boyacá

Dirección: Carrera 21# 3° Sur, Vereda Runta abajo– Luz Alba González

Descripción general

Acompañamiento a la visita técnica realizada el día 13 de noviembre, a la dirección de la descripción, con el fin de verificar el estado actual de la edificación mediante inspección visual, para proceder a informar al consejo municipal del riesgo de desastres de la ciudad de Tunja.

ASPECTOS TECNICOS

- Mediante solicitud radicada en el grupo de gestión de riesgo de desastres, se manifiesta problemática presentada por la presencia de los altos niveles freáticos en la ladera de la montaña, en donde se encuentra ubicada la vivienda de la persona afectada la cual se ve afectada por el movimiento del terreno de dicho sector.
- Mediante el acompañamiento a la visita técnica realizada se evidencia una vivienda de 1 nivel en mampostería.
- Se identifica la presencia de niveles freáticos a diferentes alturas a medida que se realiza un ascenso en la ladera hacia su parte más alta.
- En la parte trasera de la vivienda se evidencia que el terreno está cediendo cada vez más sobre la pared y de esta forma afectando la estructura de la misma.
- En el terreno de afectación se evidencia la presencia de material predominantemente arcilloso.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los propietarios de la vivienda en afectación trasladar su sitio de residencia a otro lugar mientras la secretaría de infraestructura realiza un terraceo en el terreno, para de esta forma disminuir el impacto del movimiento del terreno sobre la construcción.
- Se recomienda dar seguimiento a la vivienda y al terreno, con el fin de identificar e informar aparición de grietas, desniveles que se puedan presentar en la vivienda mencionada.

ADVERTENCIA

Las conclusiones y recomendaciones consignadas en el presente diagnóstico, están basadas en las observaciones directas en campo de las características del sector, por lo tanto, pueden presentarse situaciones no previstas posteriores a la visita que se escapen a su alcance; el anterior concepto se da el día 13 de Noviembre de 2017, y bajo las condiciones observadas a la fecha, por lo anterior no nos hacemos responsables por los cambios efectuados y ocurridos con posterioridad a la fecha de presentación de este informe técnico.

REGISTRO FOTOGRAFICO



Imagen 38. Afectación de la vivienda por MRM Visita N°2

REGISTRO FOTOGRAFICO



Imagen 39. Predominancia de arcillas en el suelo del terreno afectado

5.3 INFORME N°3 - INFORME VISITA TECNICA No. CMGDR 2017 1.10-6-2-263.

Fecha: 21 de octubre de 2017

Localidad: Tunja, Boyacá

Dirección: Carrera 14a# 1°Sur, Barrio La trinidad – Gladys Leonor Montaña

Descripción general

Acompañamiento a la visita técnica realizada el día 25 de octubre, a la dirección de la descripción, con el fin de verificar el estado actual de la edificación mediante inspección visual, para proceder a informar al consejo municipal del riesgo de desastres de la ciudad de Tunja.

ASPECTOS TECNICOS

- Mediante solicitud radicada en el grupo de gestión de riesgo de desastres, se manifiesta problemática presentada por excavación realizada en el lote contiguo a la vivienda propiedad de la señora Gladys Leonor Montaña, quien manifiesta su preocupación por la posible afectación de la vivienda de su propiedad.
- Mediante el acompañamiento a la visita técnica realizada se evidencia una vivienda de 2 niveles en mampostería, la cual se localiza al costado oriental del lote ya mencionado.
- Se identifica un lote excavado en un nivel de hasta 2 metros aproximadamente bajo el nivel de cimentación de la vivienda, dejando expuesto en la parte delantera de la misma el terreno sobre el cual esta cimentada.
- En el interior de la vivienda se presentan daños estructurales, como desniveles hacia el costado más cercano al lote, y en el segundo piso afectaciones en puertas y ventanas.
- En la vivienda de interés no se evidenciaron socavaciones, desplazamientos del terrenos o daños a nivel estructural.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los propietarios del lote en el cual se está realizando la construcción, la realización de medidas de contención necesarias como un muro de contención ligero en hormigón armado, el cual evite el desplazamiento horizontal de la vivienda hacia el lote y así contrarrestar posibles daños en la vivienda perteneciente a la señora Gladys Leonor Montaña.
- Evitar las cargas excesivas en la zona próxima al talud como lo son materiales de construcción y aparcamiento de vehículos, al menos hasta finalizar la edificación del lote o construcción de las estructuras de contención en caso de estar proyectadas.
- Se recomienda dar seguimiento a la vivienda y al terreno, con el fin de identificar e informar aparición de grietas, desniveles que se puedan presentar en la vivienda mencionada.

ADVERTENCIA

Las conclusiones y recomendaciones consignadas en el presente diagnóstico, están basadas en las observaciones directas en campo de las características del sector, por lo tanto, pueden

presentarse situaciones no previstas posteriores a la visita que se escapan a su alcance; el anterior concepto se da el día 25 de Octubre de 2017, y bajo las condiciones observadas a la fecha, por lo anterior no nos hacemos responsables por los cambios efectuados y ocurridos con posterioridad a la fecha de presentación de este informe técnico.

REGISTRO FOTOGRAFICO



Imagen 40. Evidencias de afectación en la vivienda correspondiente a la visita N°3

5.4 INFORME N°4 - INFORME VISITA TECNICA No. CMGDR 2017 1.10-6-2-263.

Fecha: 20 de septiembre de 2017

Localidad: Tunja, Boyacá

Dirección: Carrera 18e # 2ª, Vereda el Curubal – Álvaro Javier Pérez Torres

Descripción general

Acompañamiento a la visita técnica realizada el día 25 de octubre, a la dirección de la descripción, con el fin de verificar el estado actual de la edificación mediante inspección visual, para proceder a informar al consejo municipal del riesgo de desastres de la ciudad de Tunja.

ASPECTOS TECNICOS

- Mediante solicitud radicada en el grupo de gestión de riesgo de desastres, se manifiesta problemática presentada en el sector occidental de la ciudad de Tunja sobre la variante principal en la zona de cárcavas, en donde una residencia no presenta permiso de construcción y adicional a esto se encuentra en el estilo encajada contra la ladera.
- Mediante el acompañamiento a la visita técnica realizada se evidencia una vivienda de 1 nivel en mampostería, ubicada en el eje del cauce de lo que es la cárcava principal.
- La parte trasera de la vivienda se encuentra en contacto con la pared de tierra de manera vertical, lo cual hace que dicha residencia presente mayor riesgo ante un posible evento de remoción en masa.
- En la vivienda de interés no se evidenciaron socavaciones, desplazamientos del terrenos o daños a nivel estructural.

RECOMENDACIONES

- El caso mencionado se encuentra en estudio, tras la visita del ente de control urbano y mediante la comprobación por medio de un perito que certifica la parte legal insuficiente por parte de la vivienda y dado a que se encuentra en un sector de protección por la intensa erosión y el riesgo que representa ante la habitabilidad de dicha vivienda, secretaría de infraestructura y la alcaldía de la ciudad deben dar una respuesta en los próximos 15 días.
- Evitar las cargas excesivas en la zona próxima al talud o construcción de las estructuras de contención en caso de estar proyectadas.
- Se recomienda dar seguimiento a la vivienda y al terreno, con el fin de identificar e informar aparición de grietas, desniveles que se puedan presentar en la vivienda mencionada.

ADVERTENCIA

Las conclusiones y recomendaciones consignadas en el presente diagnóstico, están basadas en las observaciones directas en campo de las características del sector, por lo tanto, pueden

presentarse situaciones no previstas posteriores a la visita que se escapan a su alcance; el anterior concepto se da el día 25 de Octubre de 2017, y bajo las condiciones observadas a la fecha, por lo anterior no nos hacemos responsables por los cambios efectuados y ocurridos con posterioridad a la fecha de presentación de este informe técnico.

REGISTRO FOTOGRAFICO



Imagen 41. Evidencias de afectación en la vivienda correspondiente a la visita N°4

Capítulo 3

6. BALANCE HIDRICO PARA EL CASCO URBANO DE LA CIUDAD DE TUNJA

El aporte investigativo realizado en la práctica profesional, comprende el balance hídrico para el casco urbano de la ciudad de Tunja el cual tiene un área de 21,7km². La Secretaría de Infraestructura de la Alcaldía Mayor de Tunja y el Consejo Municipal para la Gestión de Riesgos y Desastres incluirá dichos insumos en desarrollo de proyectos como la realización del mapa de zonificación de riesgo por inundaciones a escala 1:25.000, problemática que afecta en temporadas de lluvias a una gran parte de la ciudad y por tal razón se requiere disponer de criterios técnicos de ingeniería geológica para la prevención y de ser necesario la realización de obras de protección y mitigación.

6.1 ESTADO DE LA INFORMACIÓN

De la recopilación de los estudios suministrados por la Alcaldía Mayor de Tunja y la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, escuela de ingeniería geológica y escuela de ingeniería civil, así como CorpoBoyacá se logró identificar información prioritaria para el desarrollo de la práctica profesional y el cumplimiento del aporte investigativo.

Entre la información recopilada se tuvo en cuenta aportes necesarios tales como:

- Fotografía aérea casco urbano ciudad de Tunja año 2017 (11cm)
- Mapa zonificación geotécnica casco urbano de la ciudad de Tunja.

6.1.1 ¿Qué es el suelo?

El suelo es un componente fundamental del ambiente, natural y finito, constituido por minerales, aire, agua, materia orgánica, macro y micro-organismos que desempeñan procesos permanentes de tipo biótico y abiótico, cumpliendo funciones vitales para la sociedad y el planeta.



Figura 19. Diagrama suelo. Fuente IDEAM

Cubre la mayor parte de la superficie terrestre; su límite superior es el aire o el agua superficial; sus fronteras horizontales son las áreas donde el suelo cambia, a veces gradualmente, a aguas profundas, rocas o hielo; el límite inferior puede ser la roca dura o depósitos de materiales virtualmente desprovistos de animales, raíces u otras señales de actividad biológica y que no han sido afectados por los factores formadores del suelo (Soil Survey Staff, 1994).

Es igualmente fundamental para la tierra, el territorio y las culturas; da soporte a la vida y a las actividades humanas permitiendo garantizar los derechos ambientales de las generaciones presentes y futuras. Sin embargo, el suelo se puede deteriorar y luego que esto ocurra, su recuperación es difícil, costosa, toma mucho tiempo y en algunos casos es imposible volver al estado inicial.

Teniendo en cuenta lo anterior, el suelo puede ser considerado como un componente del ambiente renovable en el largo plazo, lo cual se relaciona con el tiempo necesario para que se forme un centímetro de suelo que puede requerir, dependiendo de las condiciones, cientos o miles de años, mientras que ese centímetro de suelo puede perderse en periodos muy cortos (incluso en términos de días) debido a factores como la erosión, la quema, entre otros. No obstante, lo anterior, existen diversas instancias que consideran el suelo como un componente no renovable a saber: (FAO, 2007; European Union, 2010; Australian Department of Land and Water Conservation, 2000).

A pesar de su importancia, el uso insostenible del suelo, entre otras actividades antrópicas, ocasiona su degradación, la cual resulta particularmente preocupante, por el efecto negativo en los ecosistemas, los organismos y las comunidades.²¹

Para el área de estudio, el suelo se clasifica de diferentes maneras, según el uso que se da a cada polígono delimitado con el SIG ArcGIS 10.2 y dicha clasificación se estudia más adelante en el presente documento.

6.1.2 Insumos básicos para la realización del balance hídrico

- Mapa de cobertura vegetal
- Mapa de uso del suelo
- Mapa de número de curva (CN)
- Mapa de retención potencial máximo (S)

6.1.3 USO ACTUAL Y COBERTURA DEL SUELO

6.1.3.1 COBERTURA VEGETAL PARA EL AREA INFLUENCIA DE LA ZONA DE ESTUDIO

Los mapas de cobertura y uso del terreno se elaboraron de acuerdo con la metodología Corinne Land Cover, adaptada para Colombia por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (Ideam) (2010). El alcance de la información de cobertura y uso del suelo está relacionado con la estimación del denominado número de curva (CN, por su sigla en inglés), del método lluvia-escurrentía del Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de Estados Unidos, el cual se ha incorporado a la presente guía para estimar el aporte de la lluvia en términos de nivel freático, lámina o altura de agua, al considerar la lluvia como un detonante de movimientos en masa; para tal fin se ha tenido en cuenta el efecto del componente de las abstracciones. En materia de cobertura y uso del suelo se deberán valorar los aspectos antrópicos relevantes en la zonificación de amenaza por movimientos en masa, como cambios en el uso, cortes de laderas y explanaciones. El valor de CN depende de la cobertura y uso del terreno, al igual que de la clasificación hidrológica del suelo superficial (A, B, C y D), la cual tiene en cuenta la textura, espesor y origen de los suelos. Si existen mapas de cobertura y uso del terreno del área de estudio, contenidos en el Plan de

²¹ (Siac.gov.co)

Ordenamiento Territorial (POT) y el Pomca, que se encuentren actualizados y se hayan realizado a la escala de trabajo adecuada a los análisis que se presentan en esta guía, se pueden utilizar como la cobertura temática definitiva y usada para los fines descritos. Sin embargo, en general esta información se debe actualizar a causa de los continuos cambios en la cobertura, en particular por estar asociada a zonas urbanas, periurbanas y de expansión.²²

6.2 Metodología CORINE Land Cover

La metodología CORINE (Coordination of Information on the Environmental) Land Cover a escala 1:100.000 adaptada para el país, tiene como propósito la realización del inventario homogéneo de la cubierta biofísica (cobertura) de la superficie de la tierra a partir de la interpretación visual de imágenes de satélite asistida por computador y la generación de una base de datos geográfica.

La leyenda nacional fue estructurada de manera jerárquica, derivando las unidades de coberturas de la tierra con base en criterios fisonómicos de altura y densidad, claramente definidos y aplicables a todas las unidades consideradas para un grupo de coberturas del mismo tipo. De esta manera, se garantiza que sea posible la inclusión de nuevas unidades o la definición de nuevos niveles de unidades para estudios más detallados, permitiendo su ubicación y definición rápidamente.

La versión de la leyenda que se presenta, contiene y define las potenciales unidades de coberturas de la tierra presentes en el territorio nacional, cartografiables a la escala 1:100.000, y que son representativas de la complejidad ambiental y de la dinámica de apropiación y uso del territorio de todas las regiones del país.

Para la construcción de la presente leyenda se definieron los siguientes criterios rectores:

- La unidad mínima cartografiable para la escala 1:100.000 es de 25 hectáreas, excepto para los territorios artificializados, donde la unidad mínima es de cinco hectáreas.
- La identificación y delimitación de la unidad de cobertura de la tierra corresponderá a la fecha de toma de la imagen de satélite.
- Los niveles 1 y 2 de la leyenda permanecen iguales a los de la leyenda de CORINE Land Cover de Europa.
- Las unidades de la leyenda para la escala 1:100.000 varían desde el nivel 3 hasta el nivel 6 en los diferentes grupos de coberturas, variación que depende del tipo de cobertura.

En términos generales, se considera que la descripción de las unidades de la leyenda está en un proceso de permanente construcción, en el cual se espera incluir los resultados de los nuevos avances tecnológicos en sensores remotos, de la nueva información adquirida por los intérpretes durante los procesos de cartografía de las coberturas y del conocimiento del terreno por diferentes profesionales en nuevos sectores del país, entre otros. Las descripciones de la presente leyenda fueron elaboradas con la información disponible de diferentes temáticas, sensores remotos y datos de campo. Las descripciones finales fueron concertadas mediante discusiones en reuniones técnicas, de esta manera, es posible encontrar que algunas unidades presentan una descripción más completa debido a la mayor disponibilidad de información, y otras tienen una descripción básica, que requiere de complementación posterior.

²² (Ávila Álvarez, y otros) Guía metodológica vulnerabilidad y riesgo SGC.

Se espera que con los aportes de los usuarios e investigadores que usen esta leyenda, la misma pueda ser actualizada a través de grupos técnicos de trabajo que se convoquen para el efecto. De igual manera, con este documento se hace una contribución para el desarrollo de las unidades de coberturas a escalas mayores, incluyendo en algunas coberturas las posibles unidades a considerar para su división. Estas unidades sugeridas para mayor detalle se muestran en recuadros dentro del texto.²³



Imagen 42. Ortofoto casco urbano ciudad de Tunja. Fuente Secretaria de Infraestructura, Alcaldía mayor de Tunja

Para el caso de la ciudad de Tunja se realizó una interpretación de la fotografía aérea teniendo en cuenta únicamente el casco urbano, debido a que es el área de interés para el desarrollo de este estudio, posteriormente la individualización, caracterización y observación de las diferentes unidades de cobertura vegetal se realizaron estudios de campo, en el cual se evaluaron la estructura y la composición florística de las diferentes unidades de cobertura vegetal, mediante la observación

²³ (IDEAM, 2010) LEYENDA NACIONAL DE COBERTURAS DE LA TIERRA Metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia Escala 1:100.000

directa en campo, se obtuvo un total de 1467 polígonos los cuales se clasificaron desde el primer nivel hasta el tercer nivel de la metodología CORINE Land Cover.

A continuación, se muestra un ejemplo de la delimitación de polígonos en diferentes categorías, a partir de la Ortofoto del casco urbano de la ciudad de Tunja, insumo facilitado por la Alcaldía Mayor de Tunja la cual fue realizada en el año 2016, y a partir del cual se toma la base para calcular mapas de uso del suelo, número de curva y retención potencial.



Imagen 43. Fotografía aérea de conjuntos residenciales correspondiente a la clasificación en polígonos de territorios artificializados mediante el uso del SIG ArcGIS 10.2.2. Fuente El estudio

En primer lugar, se definen los polígonos según el primer nivel ya sea un terreno artificializado, un terreno agrícola, áreas naturales, áreas húmedas o superficies de agua; para de esta forma posteriormente realizar la clasificación en el nivel 2 y 3.

Nivel 1	Número de polígonos	Área (%)
Terrenos artificializados	1282	87,33
Territorios agrícolas	78	5,31
Bosques y áreas seminaturales	92	6,27
Superficies de agua	16	1,09
TOTAL	1468	100

Tabla 4. Distribución y área de los territorios de acuerdo al primer nivel. Fuente el estudio

En la tabla 4 se muestra el resultado de la división de la Fotografía aérea en los diferentes polígonos clasificados para el casco urbano de la ciudad de Tunja en un Shape llamado “Cobertura vegetal”. Como se evidencia en el área de estudio, al tratarse del casco urbano de la capital del departamento de Boyacá se observa el predominio de los terrenos artificializados tanto de zonas residenciales por la creciente oferta de vivienda hacia el norte de la ciudad, y el número de polígonos correspondientes a territorios agrícolas y áreas seminaturales es muy bajo, no mayor a 100 según la tabla 4. Este primer nivel se zonas urbanizadas, unidad de la cual se presentan los números de polígonos y sus correspondientes porcentajes de área en la tabla 4.

En cuanto a superficies de agua se realizó una clasificación tanto de los principales ríos (Río Jordán y río Chulo) de la ciudad y a los cuerpos artificiales que se evidenciaron de la interpretación fotográfica, obteniendo un total de 16 polígonos para el primer nivel según la tabla 4.

Es importante realizar la delimitación de polígonos de manera exacta con el SIG ArcGIS 10.2, en cuanto a la convergencia entre 2 polígonos no debe quedar un espacio, debido a que la existencia de vacíos en el mapa, ocasiona errores debido al que el tamaño de pixel es mucho más grande que los vacíos y de esta manera se produciría un error a la hora de generar los insumos requeridos y de la misma forma se alterarían los datos necesarios para realizar el balance hídrico.

La clasificación de acuerdo al segundo nivel muestra a las zonas urbanizadas como las de mayor predominancia en el área de estudio con un porcentaje del 70%. Los diferentes resultados con su correspondiente área se muestran en la tabla 5 que se presenta a continuación:

Nivel 2	Numero de polígonos	Área(m ²)	Área (%)
Zonas urbanizadas	1253	14093243,72	69,64
Pastos	50	2716193,71	13,42
Áreas con vegetación arbustiva	49	211653,45	1,04
Bosques	41	1065012,47	5,26
Áreas agrícolas heterogéneas	28	1705309,98	8,42
Zonas verdes, no agrícolas	25	255150,20	1,26
Aguas continentales	16	47288,85	0,23
Áreas con vegetación herbácea	2	140762,29	0,69
TOTAL	1464	20234614,76	100

Tabla 5. Distribución y área de los territorios de acuerdo al segundo nivel. Fuente el estudio

Los siguientes son las unidades o niveles que se encontraron para el casco urbano de la ciudad de Tunja según la fotointerpretación, luego se realizó una comprobación fotográfica en campo de las zonas existentes las cuales se observan a continuación:

6.2.1 TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS

Comprende las áreas de las ciudades y las poblaciones y, aquellas áreas periféricas que están siendo incorporadas a las zonas urbanas mediante un proceso gradual de urbanización o de cambio del uso del suelo hacia fines comerciales, industriales, de servicios y recreativos.

Los terrenos urbanizados presentes en el área de estudio tienen un porcentaje de 87,33% correspondiente a 1282 polígonos, lo cual muestra como la capital del departamento presenta un crecimiento y un notable aumento de construcciones residenciales e industriales en su casco urbano.²⁴

6.2.1.1 Zonas urbanizadas

Las zonas urbanizadas incluyen los territorios cubiertos por infraestructura urbana y todos aquellos espacios verdes y redes de comunicación asociados con ellas, que configuran un tejido urbano. Presenta dos unidades

²⁴ (IDEAM, 2010) LEYENDA NACIONAL DE COBERTURAS DE LA TIERRA Metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia Escala 1:100.000

NIVEL			
1	2	3	4
1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	1.1. Zonas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	
		1.1.2. Tejido urbano discontinuo	
	1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	1.2.1. Zonas industriales o comerciales	1.2.1.1. Zonas industriales
			1.2.1.2. Zonas comerciales
		1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	1.2.2.1. Red vial y territorios asociados
			1.2.2.2. Red ferroviaria y terrenos asociados
		1.2.3. Zonas portuarias	1.2.3.1. Zonas portuarias fluviales
			1.2.3.2. Zonas portuarias marítimas
		1.2.4. Aeropuertos	1.2.4.1. Aeropuerto con infraestructura asociada
			1.2.4.2. Aeropuerto sin infraestructura asociada
		1.2.5. Obras hidráulicas	
	1.3. Zonas de extracción mineras y ascombreras	1.3.1. Zonas de extracción minera	1.3.1.1. Otras explotaciones mineras
			1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos
			1.3.1.3. Explotación de carbón
			1.3.1.4. Explotación de oro
			1.3.1.5. Explotación de materiales de construcción
			1.3.1.6. Explotación de sal
			1.3.2.1. Otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto
		1.4.1. Zonas verdes urbanas	1.3.2.2. Escombreras
			1.3.2.3. Vertederos
			1.3.2.4. Relleno sanitario
	1.4. Zonas verdes artificializadas, no agrícolas		1.4.1.1. Otras zonas verdes urbanas
		1.4.2. Instalaciones recreativas	1.4.1.2. Parques cementarios
			1.4.1.3. Jardines botánicos
			1.4.1.4. Zoológicos
			1.4.1.5. Parques urbanos
			1.4.1.6. Rondas de cuerpos de agua de zonas urbanas
			1.4.2.1. Áreas culturales
			1.4.2.2. Áreas deportivas
			1.4.2.3. Áreas turísticas

Tabla 6. Unidades de coberturas de la tierra para los territorios artificializados Fuente "Leyenda nacional de cobertura de la tierra. Metodología CORINE land cover"

6.2.1.1.1 TEJIDO URBANO CONTINUO

Son espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada. Las edificaciones, vías y superficies cubiertas artificialmente cubren más de 80% de la superficie del terreno. La vegetación y el suelo desnudo representan una baja proporción del área del tejido urbano. La superficie de la unidad debe ser superior a cinco hectáreas.²⁵

El tejido urbano continuo en la ciudad de Tunja, según la clasificación de polígonos realizadas con el uso del SIG ArcGIS 10.2 se obtiene un total de 535 polígonos correspondiente a una área de 17,7 % porcentaje que hace parte de los territorios artificializados según la tabla 6. La clasificación de este tipo de tejido se realizó teniendo en cuenta que cada polígono no tuviera un porcentaje mayor del 20% en áreas verdes urbanas. En esta clasificación hacen parte los centros históricos, casas individuales, conjuntos residenciales, parqueaderos, edificaciones de servicios públicos, hospitales, colegios, cementerios, entre otros.



Imagen 44. Fotografía aérea correspondiente al centro histórico de la ciudad de Tunja, en tono rojizo se clasifica el tejido urbano continuo y en tonos más claros se evidencian tejidos urbanos discontinuos.

Fuente. El estudio

²⁵ (IDEAM, 2010) LEYENDA NACIONAL DE COBERTURAS DE LA TIERRA Metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia Escala 1:100.000



Imagen 45. Fotografía de campo correspondiente a la Plaza de Bolívar, centro histórico de la ciudad de Tunja, y clasificado como tejido urbano continuo. Fuente El estudio.

La ciudad en su calidad de centro histórico y cultural, cuenta con numerosos sitios, monumentos y museos de interés arquitectónico, religioso, arqueológico y turístico. De estos es valioso mencionar la Plaza de Bolívar y la catedral.

Estos sitios mencionados anteriormente hacen parte según la metodología CORINE Land Cover del tejido artificializado en el primer nivel, zonas urbanizadas en el segundo nivel y como tejido urbano continuo en el tercer nivel. La comprobación en campo de los tejidos observados en la interpretación fotográfica es importante debido a que se pueden confundir algunos tejidos con otros tipos, por esta razón en la mayor parte del estudio se realiza una evidencia fotográfica sobre los tejidos para de esta forma tener un criterio que cuente con mayor grado de exactitud, exigido así por la Alcaldía mayor de Tunja.

En la siguiente tabla se muestra la información sobre el estado de la cobertura vegetal en la ciudad de Tunja según el Tercer nivel propuesto por la metodología CORINE land cover:

COBERTURA	Numero de polígonos	Área (m ²)	% Área
Tejido urbano discontinuo	717	9576455,7	42,1067
Tejido urbano continuo	535	4047153,8	17,7949
Arbustales	49	211653,5	0,9306
Bosque fragmentado	39	1014465,5	4,4605
Pastos limpios	37	2020156,6	8,8824
Instalaciones recreativas	25	255150,2	1,1219
Mosaico de pastos y cultivos	22	1336652,5	5,8771
Pastos arbolados	13	696037,1	3,0604
Ríos	10	34111,6	0,15
Cuerpos de agua artificiales	6	13177,2	0,0579
Mosaico de pastos y espacios naturales	6	368657,5	1,6209
Vías	4	2508714,5	11,0306
Bosque abierto	2	50547	0,2222
Herbazal	2	140762,3	0,6189
Tierras degradadas	1	469634,3	2,0649
TOTAL	1468	22743329,3	100

Tabla 7. Distribución y área de coberturas de acuerdo al tercer nivel. Fuente El estudio

Como se puede observar los territorios con mayor cantidad de polígonos en el área de estudio son el tejido urbano discontinuo y el tejido urbano continuo, con 717 y 535 polígonos respectivamente y de esta misma manera son los tejidos que conforman la mayor parte del área del casco urbano de la ciudad de Tunja. Los territorios agrícolas y las áreas seminaturales son parte del segundo nivel y en el tercer nivel se desglosan en forma de arbustales, bosques, pastos, mosaico de pastos, herbazales, entre otros. La clasificación del Nivel 3 es indispensable para realizar la clasificación del uso de suelos, debido a que a partir de este se obtiene un valor de número de curva (CN)

6.2.1.1.2 Tejido urbano discontinuo

Son espacios conformados por edificaciones y zonas verdes. Las edificaciones, vías e infraestructura construida cubren la superficie del terreno de manera dispersa y discontinua, ya que el resto del área está cubierta por vegetación. Esta unidad puede presentar dificultad para su delimitación cuando otras coberturas de tipo natural y seminatural se mezclan con áreas clasificadas como zonas urbanas.

En este tipo de tejido cada polígono con apariencia urbana continua, se clasificó como tejido urbano discontinuo debido a que poseía menor densidad en sus cantidades de construcciones y mayor cantidad de zonas verdes, las cuales no superan las 5 Ha. Se obtuvo un total de 717 polígonos para este tipo de tejido con un 42% con respecto al área total de la zona de estudio según la tabla 7. Este tipo de tejido incluye zonas verdes y prados asociados a infraestructuras como los son las zonas verdes de las universidades, hospitales, entidades públicas, entre otras.



Imagen 46. Fotografía aérea de la delimitación de un tejido urbano discontinuo correspondiente al Batallón de la ciudad de Tunja, el cual presenta prados y zonas verdes. Adyacente se encuentran pastos limpios, herbazales y una porción de tejido urbano continuo. Fuente El estudio



Imagen 47. Prados y zonas verdes asociado a la infraestructura del canton miilitar en el sector fuente higueras. Fuente El Estudio

6.2.1.2 ZONAS INDUSTRIALES O COMERCIALES Y REDES DE COMUNICACIÓN

Comprende los territorios cubiertos por infraestructura de uso exclusivamente comercial, industrial, de servicios y comunicaciones. Se incluyen tanto las instalaciones como las redes de comunicaciones que permiten el desarrollo de los procesos específicos de cada actividad.

6.2.1.2.1 Aeropuertos

Comprende la infraestructura donde funciona una terminal aérea. Incluye las pistas de aterrizaje y carreteo, los edificios, las superficies libres, las zonas de amortiguación y la vegetación asociada.



Imagen 48. Aeropuerto Gustavo Rojas Pinilla. de la ciudad de Tunja el cual no se encuentra en operación. Se encuentra en una zona que también presenta bosques fragmentados hacia la parte oriental, arbustales a la parte occidental y algunas otras áreas como pastos limpios y arbolados. Fuente El estudio

6.2.1.2.2 Obras hidráulicas

Superficies que corresponden a construcciones consolidadas de carácter permanente, destinadas a instalaciones hidráulicas, y aquellas de pequeña magnitud, generalmente asociadas con infraestructura urbana, tales como acueductos, bocatomas, plantas de tratamiento y pequeñas presas.



Imagen 49. Obras hidráulicas realizadas por el acueducto de la ciudad de Tunja, en este caso cunetas en el sector del batallón. Fuente El estudio



Imagen 50. Obras de acueducto y alcantarillado en el sector Fuente Higuera. Fuente El estudio

6.2.1.3 ZONAS VERDES ARTIFICIALIZADAS, NO AGRÍCOLAS

Comprende las zonas verdes localizadas en las áreas urbanas, sobre las cuales se desarrollan actividades comerciales, recreacionales, de conservación y amortiguación, donde los diferentes usos del suelo no requieren de infraestructura construida apreciable. En general, estas zonas verdes son áreas resultantes de procesos de planificación urbana o áreas que por los procesos de urbanización quedaron embebidas en el perímetro de la ciudad.

6.2.1.3.1 ZONAS VERDES URBANAS

Comprende las zonas cubiertas por vegetación dentro del tejido urbano, incluyendo parques urbanos y cementerios. En la zona de estudio correspondiente al casco urbano de la ciudad de Tunja no hay presencia de parques cementerios clasificables como zonas verdes urbanas, ya que los cementerios de estas características se encuentran ubicados hacia la salida de la ciudad en la vía que conduce a Paipa.

6.2.1.3.2 INSTALACIONES RECREATIVAS

Son los terrenos dedicados a las actividades de camping, deporte, parques de atracción, golf, hipódromos y otras actividades de recreación y esparcimiento, incluyendo los parques habilitados para esparcimiento, no incluidos dentro del tejido urbano.

Tunja es una ciudad que cuenta con numerosos parques, alrededor de 8 como el parque recreacional del norte, Parque Santander, Bosque de la república, entre otros; los cuales representan un 1,21% del área total y un número de 25 polígonos según la tabla 7.

Esta unidad se puede dividir en áreas culturales, deportivas y turísticas. En la siguiente fotografía aérea se observa la Villa Olímpica de la Ciudad de Tunja en un polígono de color rojizo, el cual corresponde al área deportiva en donde se encuentra el Estadio La Independencia, instalaciones de Indeportes Boyacá, canchas de tenis de campo, entre otros.



Imagen 51. Instalaciones recreativas correspondientes a zonas deportivas de la zona de estudio. Fuente El estudio



*Imagen 52. Estadio La Independencia.
Fuente Indeportes Boyacá*



Imagen 53. Instalaciones recreativas del Parque Biblioteca. Fuente El Estudio

6.2.2 TERRITORIOS AGRICOLAS

Son los terrenos dedicados principalmente a la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastos, en rotación y en descanso o barbecho. Comprende las áreas dedicadas a cultivos permanentes, transitorios, áreas de pastos y las zonas agrícolas heterogéneas (Tabla 8), en las cuales también se pueden dar usos pecuarios además de los agrícolas. Las unidades se agrupan en las siguientes cuatro categorías:

NIVEL			
1	2	3	4
2. Territorios Agrícolas	2.1. Cultivos transitorios	2.1.1. Otros cultivos transitorios	
		2.1.2. Cereales	2.1.2.1. Arroz
			2.1.2.2. Maíz
			2.1.2.3. Sorgo
			2.1.2.4. Cebada
			2.1.2.5. Trigo
		2.1.3. Oleaginosas y leguminosas	2.1.3.1. Algodón
			2.1.3.2. Ajonjolí
			2.1.3.3. Frijol
			2.1.3.4. Soya
			2.1.3.5. Maní
		2.1.4. Hortalizas	2.1.4.1. Cebolla
			2.1.4.2. Zanahoria
			2.1.4.3. Remolacha
		2.1.5. Tubérculos	2.1.5.1. Papa
			2.1.5.2. Yuca
	2.2. Cultivos permanentes	2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos
			2.2.1.2. Caña
			2.2.1.3. Plátano y banano
			2.2.1.4. Tabaco
			2.2.1.5. Papaya
			2.2.1.6. Amapola
		2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	2.2.2.1. Otros cultivos permanentes arbustivos
			2.2.2.2. Café
			2.2.2.3. Cacao
			2.2.2.4. Viñedos
			2.2.2.5. Coca
		2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	2.2.3.1. Otros cultivos permanentes arbóreos
			2.2.3.2. Palma de aceite
			2.2.3.3. Cítricos
		2.2.4. Cultivos agroforestales	2.2.4.1. Pastos y árboles plantados
			2.2.4.2. Cultivos y árboles plantados
	2.3. Pastos	2.2.5. Cultivos confinados	
		2.3.1. Pastos limpios	
		2.3.2. Pastos arbolados	
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.3.3. Pastos enmalezados	
		2.4.1. Mosaico de cultivos	
		2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	
		2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	
		2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	
		2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales	

Tabla 8. Unidades de coberturas de la tierra para los territorios agrícolas. Fuente “*Leyenda nacional de cobertura de la tierra. Metodología CORINE land cover*”

Para la ciudad de Tunja los territorios agrícolas según la clasificación se obtuvo un total de 5,31% del área que representa dicha unidad, con un total de 78 polígonos según la Tabla 4, porcentaje bajo en razón del predominio del tejido urbano.

6.2.2.1 PASTOS

Comprende las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dominada principalmente por la familia Poaceae, dedicadas a pastoreo permanente por un período de dos o más años.

Según la tabla 5 el área que ocupa la unidad de pastos en el área de estudio, incluyendo pastos arbolados y pastos limpios es de 13,4%, con un total de 50 polígonos, este porcentaje es de importancia debido a la retención potencial que presenta el suelo en dichas unidades.

Algunas de las categorías definidas pueden presentar anegamientos temporales o permanentes cuando están ubicadas en zonas bajas o en depresiones del terreno. Una característica de esta cobertura es que en un alto porcentaje su presencia se debe a la acción antrópica, referida especialmente a su plantación, con la introducción de especies no nativas principalmente, y en el manejo posterior que se le hace. Para su clasificación en el área de estudio se consideraron las siguientes unidades de pastos:



Imagen 54. Polígonos de pastos, en este caso de color azul agua marina correspondiente a pastos arbolados ubicados en la parte norte de la ciudad. Fuente El estudio

6.2.2.1.1 Pastos limpios

Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor a 70%; la realización de prácticas de manejo (limpieza, encalamiento y/o fertilización, etc.) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas.



Imagen 55. Pastos limpios adyacentes al canton militar ubicado en la parte centrooriental de la ciudad de Tunja. Fuente El estudio



Imagen 56. Pastos limpios correspondientes al sector fuente Higueras, adyacente al canton militar, se evidencia una amplia planicie de muy baja altura con respecto a la ciudad. Fuente El estudio

En Colombia, se encuentran coberturas de pastos limpios asociadas con una amplia variedad de relieves y climas, con un desarrollo condicionado principalmente a las prácticas de manejo utilizadas según el nivel tecnológico disponible o las costumbres de cada región.

En el casco urbano de la ciudad de Tunja los pastos limpios ocupan un área de 8,88 % y un total de 37 polígonos de los 50 totales para la categoría de Pastos mencionados anteriormente según la Tabla 6. La mayor presencia de pastos limpios se encuentra principalmente en las zonas más bajas y planas de Tunja, las cuales son áreas atractivas para la inversión de proyectos de vivienda, en donde se desarrollan la mayor parte de los proyectos en la actualidad.

6.2.2.1.2 Pastos arbolados

Cobertura que incluye las tierras cubiertas con pastos, en las cuales se han estructurado potreros con presencia de árboles de altura superior a cinco metros, distribuidos en forma dispersa. La cobertura de árboles debe ser mayor a 30% y menor a 50% del área total de la unidad de pastos.

En Colombia, se ubican en general sobre áreas planas ganaderas de climas cálidos, principalmente en los departamentos de Antioquia, Boyacá, Córdoba, Cesar, Magdalena, Santander, Sucre, Valle del Cauca y Caldas.



Imagen 57. Polígono de pastos arbolados presentes en el Suroriente del casco urbano de la ciudad de Tunja.

Fuente El estudio



Imagen 58. Pastos arbolados ubicados en las zonas planas de Tunja en cercanías a la Villa olímpica, como se evidencia los arboles no superan mas de 50% del area total del polígono. Fuente El Estudio

6.2.2.2 ÁREAS AGRÍCOLAS HETEROGÉNEAS

Son unidades que reúnen dos o más clases de coberturas agrícolas y naturales, dispuestas en un patrón intrincado de mosaicos geométricos que hace difícil su separación en coberturas individuales; los arreglos geométricos están relacionados con el tamaño reducido de los predios, las condiciones locales de los suelos, las prácticas de manejo utilizadas y las formas locales de tenencia de la tierra. En el área de estudio se definieron las siguientes unidades:

6.2.2.2.1 MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS

Comprende las tierras ocupadas por pastos y cultivos, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior a 25 ha) y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual.

Actualmente para la ciudad de Tunja, su casco urbano cuenta con un porcentaje de 5,87 % del área total de la zona de estudio, este porcentaje corresponde a un total de 22 polígonos según la Tabla 6. Este porcentaje es muy bajo debido al enfoque del presente estudio el cual se dirige solo al interior del perímetro urbano de la Ciudad, dejando por fuera la parte rural en donde se encuentran la mayor parte de estas unidades de cultivos y territorios agrícolas. La presencia de dichas unidades se encuentran ubicadas en las partes periféricas del perímetro urbano como se evidencia en el mapa de cobertura vegetal.



Imagen 59. Polígono correspondiente a la unidad de mosaico de pastos y cultivos en la parte noroccidental de la ciudad en donde claramente se pueden ver los surcos de los cultivos. Fuente El Estudio



Imagen 60. Mosaico agrícola en el altiplano de Tunja, donde predomina el cultivo intensivo de la papa y pastizales adyacentes. Fuente Santiago Montes. Banco de Occidente

6.2.2.2 MOSAICO DE PASTOS CON ESPACIOS NATURALES

Constituida por las superficies ocupadas principalmente por coberturas de pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las zonas de pastos y de espacios naturales no puede ser representado individualmente y las parcelas de pastos presentan un área menor a 25 hectáreas. Las coberturas de pastos representan entre 30% y 70% de la superficie total del mosaico. Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosque de galería o ripario, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas y que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural o casi natural.

En la siguiente fotografía se evidencia un polígono de mosaico de pastos con espacios naturales correspondiente a una vega del río Chulo, en donde se evidencia la presencia de arbustales adyacentes al cauce del río. Como se puede ver en el polígono y en el mapa de cobertura vegetal el pasto representa entre el 30% y 70% .



Imagen 61. Mosaico de pastos con espacios naturales pertenecientes a la vega del Rios Chulo, Sector avenida universitaria. Fuente El estudio



Imagen 62. Avenida universitaria. Sector clinica ESIMED Tunja. Fuente Google maps

6.2.3 BOSQUES Y AREAS SEMINATURALES

Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales que son el resultado de procesos climáticos; también por aquellos territorios constituidos por suelos desnudos y afloramientos rocosos y arenosos, resultantes de la ocurrencia de procesos naturales o inducidos de degradación (Tabla 9). Para la leyenda de coberturas de la tierra de Colombia, en esta categoría se incluyen otras coberturas que son el resultado de un fuerte manejo antrópico, como son las plantaciones forestales y la vegetación secundaria o en transición.

Las unidades se agrupan en las siguientes categorías:

NIVEL					
1	2	3	4	5	6
3. BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES	3.1. Bosques	3.1.1. Bosque denso	3.1.1.1. Bosque denso alto	3.1.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme 3.1.1.1.2. Bosque denso alto inundable	3.1.1.1.2.1. Bosque denso alto inundable heterogéneo 3.1.1.1.2.2. Manglar denso alto 3.1.1.1.2.3. Palmeras
			3.1.1.2. Bosque denso bajo	3.1.1.2.1. Bosque denso bajo de tierra firme 3.1.1.2.2. Bosque denso bajo inundable	
		3.1.2. Bosque abierto	3.1.2.1. Bosque abierto alto	3.1.2.1.1. Bosque abierto alto de tierra firme 3.1.2.1.2. Bosque abierto alto inundable	
			3.1.2.2. Bosque abierto bajo	3.1.2.2.1. Bosque abierto bajo de tierra firme 3.1.2.2.2. Bosque abierto bajo inundable	
		3.1.3. Bosque fragmentado	3.1.3.1. Bosque fragmentado con pastoreo y cultivos		
			3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria		
		3.1.4. Bosque de galería y ripario			
		3.1.5. Plantación forestal	3.1.5.1. Plantación de coníferas 3.1.5.2. Plantación de latifolias		
	3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3.2.1. Herbazal	3.2.1.1. Herbazal denso	3.2.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme 3.2.1.1.2. Herbazal denso inundable	3.2.1.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no articulado 3.2.1.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme articulado 3.2.1.1.1.3. Herbazal denso de tierra firme con arbustos 3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no articulado 3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable articulado 3.2.1.1.2.3. Amacachal 3.2.1.1.2.4. Halcachal
			3.2.1.2. Herbazal abierto	3.2.1.2.1. Herbazal abierto arenoso 3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso	
		3.2.2. Arbustal	3.2.2.1. Arbustal denso 3.2.2.2. Arbustal abierto	3.2.2.2.1. Arbustal abierto esclerófilo 3.2.2.2.2. Arbustal abierto mesófilo	
		3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	3.2.3.1. Vegetación secundaria alta 3.2.3.2. Vegetación secundaria baja		
	3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	3.3.1. Zonas arenosas naturales	3.3.1.1. Playas 3.3.1.2. Arenales 3.3.1.3. Campos de dunas		
		3.3.2. Afloramientos rocosos			
		3.3.3. Tierras desnudas y degradadas			
		3.3.4. Zonas quemadas			
		3.3.5. Zonas glaciares y nevadas	3.3.5.1. Zonas glaciares 3.3.5.2. Zonas nevadas		

Tabla 9. Unidades de coberturas de la tierra para los bosques y áreas seminaturales. Fuente “Leyenda nacional de cobertura de la tierra. Metodología CORINE land cover

6.2.3.1 BOSQUES

Comprende las áreas naturales o seminaturales, constituidas principalmente por elementos arbóreos de especies nativas o exóticas. Los árboles son plantas leñosas perennes con un solo tronco principal, que tiene una copa más o menos definida. De acuerdo con FAO (2001), esta cobertura comprende los bosques naturales y las plantaciones.

Para efectos de clasificación de unidades de la leyenda, los bosques son determinados por la presencia de árboles que deben alcanzar una altura del dosel superior a los cinco metros. Para su diferenciación los bosques fueron clasificados de acuerdo con tres criterios fisonómicos estructurales fácilmente observables en imágenes de sensores remotos como

son la densidad y la altura (Figura 20), y un elemento interpretable del terreno que se puede inferir del sensor como es la condición de drenaje.

Para efectos de la caracterización de las unidades de la leyenda, la densidad se definió como el porcentaje de cobertura de la copa. Por su parte, la cobertura de la copa, en este documento, corresponde al porcentaje del suelo o del terreno ocupado por la proyección perpendicular de la vegetación (estratificación horizontal) en su conjunto, o por uno de sus estratos o especies (FAO, 1996). Una cobertura densa corresponde a una cobertura arbórea mayor a 70% de la unidad, en la cual las copas se tocan. Los bosques en el área de estudio representan un total de 5,2% según la Tabla 5, con un total de 41 polígonos de los cuales se derivan dos tipos definidos principalmente por los aspectos mencionados anteriormente, el que predomina es el bosque fragmentado el cual se extiende desde la parte oriental hasta la parte nororiental y el bosque abiero es el segundo tipo que se presenta en la ciudad, pero éste en menor cantidad del área total de cobertura vegetal.

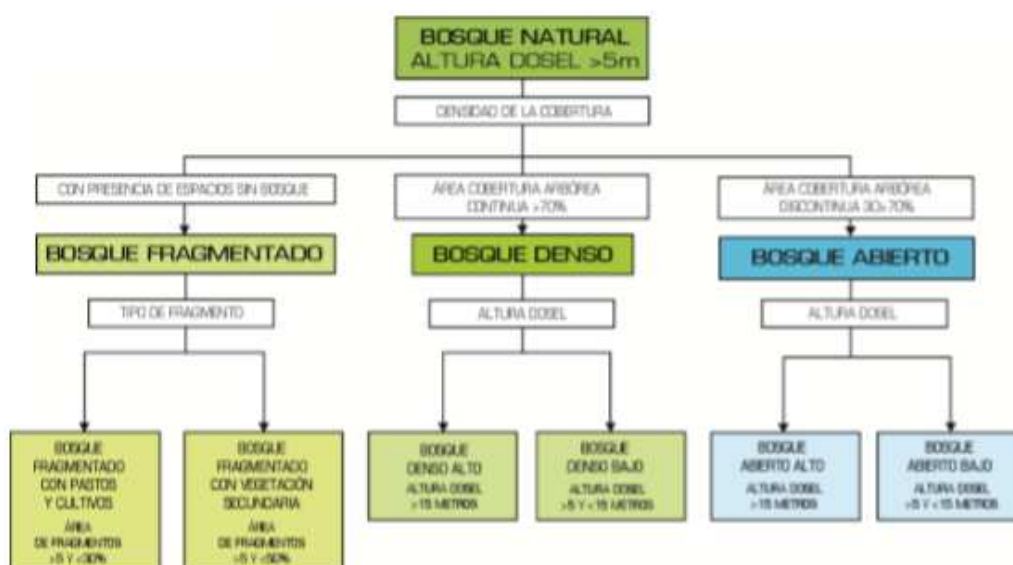


Figura 20. Criterios para la clasificación de los bosques

6.2.3.1.1 BOSQUE ABIERTO

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos regularmente distribuidos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) discontinuo, con altura del dosel superior a cinco metros y cuya área de cobertura arbórea representa entre 30% y 70% del área total de la unidad. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales.

En el área de estudio se delimitan 2 polígonos para esta unidad los cuales cubren un total de 0,22% del área de cobertura vegetal del casco urbano. En la siguiente fotografía se observa en tono verde oscuro un bosque abierto, adyacente a un bosque fragmentado en donde se observa la diferencia en cuanto a la dispersión de los árboles de un tipo de bosque respecto al otro.



Imagen 63. Bosque abierto correspondiente a la zona nororiental de la ciudad de Tunja. Fuente El estudio



Imagen 64. Fotografía de campo bosque abierto ubicado en el nororiente de Tunja. Fuente El estudio

6.2.3.1.2 BOSQUE FRAGMENTADO

Comprende los territorios cubiertos por bosques naturales densos o abiertos cuya continuidad horizontal está afectada por la inclusión de otros tipos de coberturas como pasto, cultivos o vegetación en transición, las cuales deben representar entre 5% y 30% del área total de la unidad de bosque natural. La distancia entre fragmentos de intervención no debe ser mayor a 250 metros.

6.2.3.1.2.1 BOSQUE FRAGMENTADO CON VEGETACIÓN SECUNDARIA

Comprende los territorios cubiertos por bosques naturales donde se presentó intervención humana y recuperación del bosque, de tal manera que el bosque mantiene su estructura original. Las áreas de intervención están representadas en zonas de vegetación secundaria, las cuales se observan como parches de variadas formas que se distribuyen de forma irregular en la matriz de bosque.

Para el área de estudio, esta unidad presenta un total de 39 polígonos representando un área de 4,46% del área total, en su mayoría dichos bosques fragmentados son de

vegetación secundaria, de manera que en la fotografía aérea en este tipo de bosques el suelo se ve a manera de parches como se observa a continuación:



Imagen 65. Fotografía de un polígono correspondiente a bosque fragmentado con vegetación secundaria. Fuente El estudio



Imagen 66. Bosque fragmentado con vegetación secundaria en donde se puede observar la recuperación del pasto tras la intervención del ser humano. Sector escuela normal superior Via Tunja – Barbosa. Fuente El estudio

6.2.3.2 ÁREAS CON VEGETACIÓN HERBÁCEA Y/O ARBUSTIVA

Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo natural y producto de la sucesión natural, cuyo hábito de crecimiento es arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales, con poca o ninguna intervención antrópica.

6.2.3.2.1 ARBUSTAL

Comprende los territorios cubiertos por vegetación arbustiva desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos. Un arbusto es una planta perenne, con estructura de tallo leñoso, con una altura entre 0,5 y 5 m, fuertemente ramificado en la base y sin una copa definida (FAO, 2001).

El área de estudio tiene un total de 49 polígonos para esta unidad, los cuales representan un área de 0,93% de la superficie según la tabla 6, y en donde predomina el arbustal denso a lo largo de todo el territorio.

6.2.3.2.1.1 Arbustal denso

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbustivos, los cuales forman un dosel irregular, el cual representa más de 70% del área total de la unidad. La unidad puede contener elementos arbóreos dispersos. Esta formación vegetal no ha sido intervenida o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y sus características funcionales (IGAC, 1999).



Imagen 67. Fotografía de vegetación arbustiva en el noroccidente de la ciudad. Fuente El Estudio



Imagen 68. Fotografía de Campo de vegetación arbustiva en el barrio Simon Bolivar al Sur de la ciudad. Se puede observar el limite con parte del area residencial y con unidades de pastos limpios. Fuente El estudio

6.2.3.3 ÁREAS ABIERTAS, SIN O CON POCA VEGETACIÓN

Comprende aquellos territorios en los cuales la cobertura vegetal no existe o es escasa, compuesta principalmente por suelos desnudos y quemados, así como por coberturas arenosas y afloramientos rocosos, algunos de los cuales pueden estar cubiertos por hielo y nieve.

6.2.3.3.1 TIERRAS DESNUDAS Y DEGRADADAS

Esta cobertura corresponde a las superficies de terreno desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, debido a la ocurrencia de procesos tanto naturales como antrópicos de erosión y degradación extrema y/o condiciones climáticas extremas. Se incluyen las áreas donde se presentan tierras salinizadas, en proceso de desertificación o con intensos procesos de erosión que pueden llegar hasta la formación de cárcavas.

La principal formacion que aflora en Tunja es la formacion Bogotá, esta es una formacion areno arcillosa y es en donde se presentan la mayor parte de procesos erosivos, denudando el suelo, generando surcos y carcavas, las cuales son un porblema medio ambiental y social en la capital del departamento. De esta forma la presencia de carvcavas en la zona urbana en la actualidad tiene control y presenta cobertura vegetal, lo cual ha ayudado a evitar su crecimiento. Las tierras degradadas o sin poca vegetacion representan el 2,06% del area total según la tabla 6, y es un problema que se estudia a detalle en el desarrollo del estudio.



Imagen 69. Fotografia aérea correspondiente a tierras con escasa cobertura, en un tono café amarillento se encuentra el poligono y adyacente se encuentra un poligono de la unidad de bosque fragmentado.



Imagen 70. Fotografia de campo perteneciente a una zona con escaza vegetacion la cual presenta erosion en surcos. Fuente El estudio



Imagen 71. Zona de carcava en sector urbano de la ciudad la cual presenta cobertura vegetal. Fuente El estudio

6.2.4 SUPERFICIES DE AGUA

Son los cuerpos y cauces de aguas permanentes, intermitentes y estacionales, localizados en el interior del continente y los que bordean o se encuentran adyacentes a la línea de costa continental, como los mares (Tabla 10). Se incluyen en esta clasificación los fondos asociados con los mares, cuya profundidad no supere los 12 metros. Las unidades se agrupan en las siguientes dos categorías:

NIVEL			
1	2	3	4
5. SUPERFICIES DE AGUA	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	
		5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	
		5.1.3. Canales	
		5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	5.1.4.1. Embalses
	5.2. Aguas marítimas		5.1.4.2. Lagunas de oxidación
			5.1.4.3. Estanques para acuicultura continental
		5.2.1. Lagunas costeras	
		5.2.2. Mares y océanos	5.2.2.1. Otros fondos
			5.2.2.2. Fondos coralinos someros
			5.2.2.3. Praderas de pastos marinos someros
		5.2.3. Estanques para acuicultura marina	5.2.2.4. Fondos someros de arenas y cascajo

Tabla 10. Unidades de coberturas de la tierra para las superficies de agua. Fuente “Leyenda nacional de cobertura de la tierra. Metodología CORINE land cover

6.2.4.1 AGUAS CONTINENTALES

Son cuerpos de aguas permanentes, intermitentes y estacionales que comprenden lagos, lagunas, ciénagas, depósitos y estanques naturales o artificiales de agua dulce (no salina), embalses y cuerpos de agua en movimiento, como los ríos y canales.

6.2.4.1.1 RÍOS

Un río es una corriente natural de agua que fluye con continuidad, posee un caudal considerable y desemboca en el mar, en un lago o en otro río. Se considera como unidad mínima cartografiable aquellos ríos que presenten un ancho del cauce mayor o igual a 50 metros o que el polígono represente un área mayor a 25 Ha.

El afluente principal que recorre la ciudad de Tunja es el río Jordán, proveniente de la vereda Runta es decir de la parte Sur de la ciudad, representa un 0,15 del área total del casco urbano según la tabla 6.



Imagen 72. Recorrido del Río Jordán a la altura de la Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia en dirección de sur a norte. Fuente El estudio

6.2.4.1.2 CUERPOS DE AGUA ARTIFICIALES

Esta cobertura comprende los cuerpos de agua de carácter artificial, que fueron creados por el hombre para almacenar agua usualmente con el propósito de generación de electricidad y el abastecimiento de acueductos, aunque también para prestar otros servicios tales como control de caudales, inundaciones, abastecimiento de agua, riego y con fines turísticos y recreativos.

Los cuerpos de agua artificiales son una cantidad minima en el area de estudio, aún asi se clasificaron y delimitaron en poligonos y de esta manera se obtuvo un resultado de 0,0579% del area ocupada en superficie según la tabla 6. A continuación se presenta una fotografía aérea que corresponde a un cuerpo de agua artificial, de un area de 34m² el cual es un numero que no altera el estudio de retencion potencial del suelo, pero de igual manera debe ser delimitado en el mapa de cobertura vegetal. ²⁶



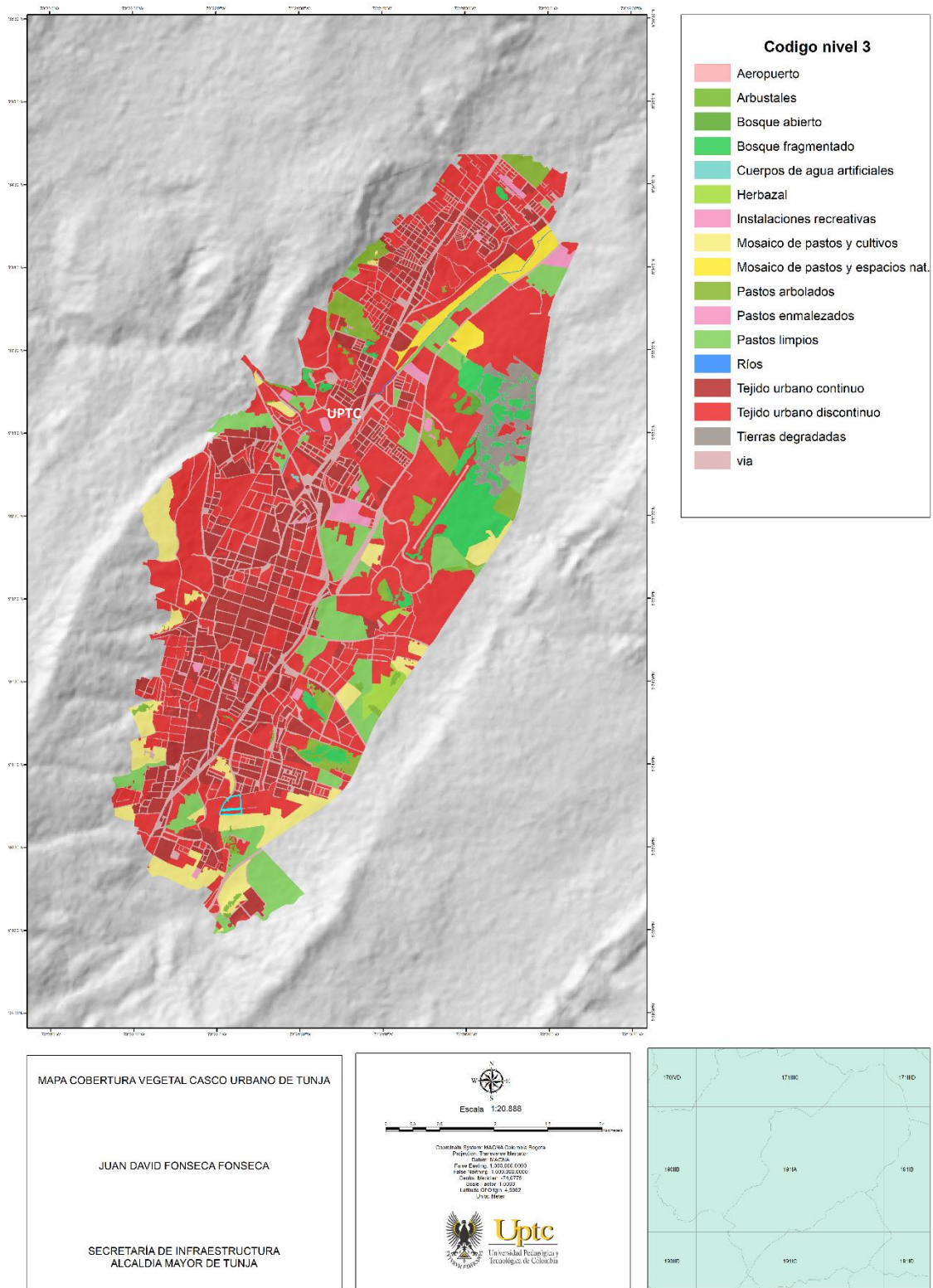
Imagen 73. Fotografía aérea correspondiente al parque biblioteca. Fuente El estudio



Imagen 74. Parque biblioteca de la ciudad de Tunja, se observa la presencia de un cuerpo de agua artificial de un tamaño no mayor a 300m². Fuente El estudio

²⁶ (IDEAM, 2010) LEYENDA NACIONAL DE COBERTURAS DE LA TIERRA Metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia Escala 1:100.000

6.2.5 MAPA COBERTURA VEGETAL EN EL CASCO URBANO DE TUNJA



2.6.2 USO DEL SUELO PARA LA ZONA DE ESTUDIO

Una vez realizada la clasificación de cobertura vegetal de la zona de estudio, se realiza la una segunda reclasificación llamada “Uso del suelo” llamada así en archivo .mxd. Dicha reclasificación se rige de acuerdo a la fotointerpretación de cada polígono basado en la tabla 11 resaltando en color la sección de interés, se presenta a continuación:

USO DE SUELO	GRUPO HIDROLÓGICO DE SUELO			
	A	B	C	D
Tierra cultivada	72	81	88	91
Sin tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales	68	79	86	89
Condiciones pobres	39	61	74	80
Condiciones óptimas	30	58	71	78
Vegas de ríos	45	66	77	83
Bosques	25	55	70	77
Troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas	39	61	74	80
Cubierta buena	49	69	79	84
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.	89	92	94	95
Óptimas condiciones: cubierta en pasto (75 % o más)	81	88	91	93
Condiciones aceptables: cubierta en pasto (50 al 75 %)	77	85	90	92
Áreas comerciales de negocios (85 % impermeables)	61	75	83	87
Distritos industriales (72 % impermeables)	57	72	81	86
Residencial	54	70	80	85
Tamaño promedio lote porcentaje promedio impermeable	51	68	79	84
1/8 de acre 65	98	98	98	98
1/4 de acre 38	98	98	98	98
1/3 de acre 30	76	85	89	91
1/2 de acre 25	72	82	87	89
1 de acre 20				
Parqueadero pavimentado, techos, accesos, etc.				
Calles y carreteras				
Pavimentados con cunetas y alcantarillados				
Grava				
Tierra				

Tabla 11. Clasificación de uso del suelo guía metodológica Servicio geológico colombiano. Fuente: Chow et al., 1994.

A continuación se presenta un breve ejemplo de como se realiza la clasificación de Uso de suelo para el polígono de color azul mediante la guía de la Tabla 11, polígono correspondiente al centro comercial unicentro ubicado en el norte de la ciudad, al cual se le clasifica como áreas comerciales de negocios.

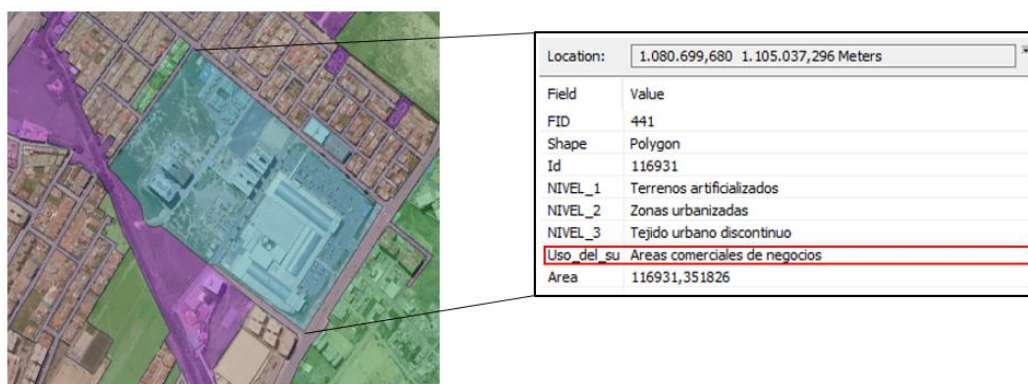
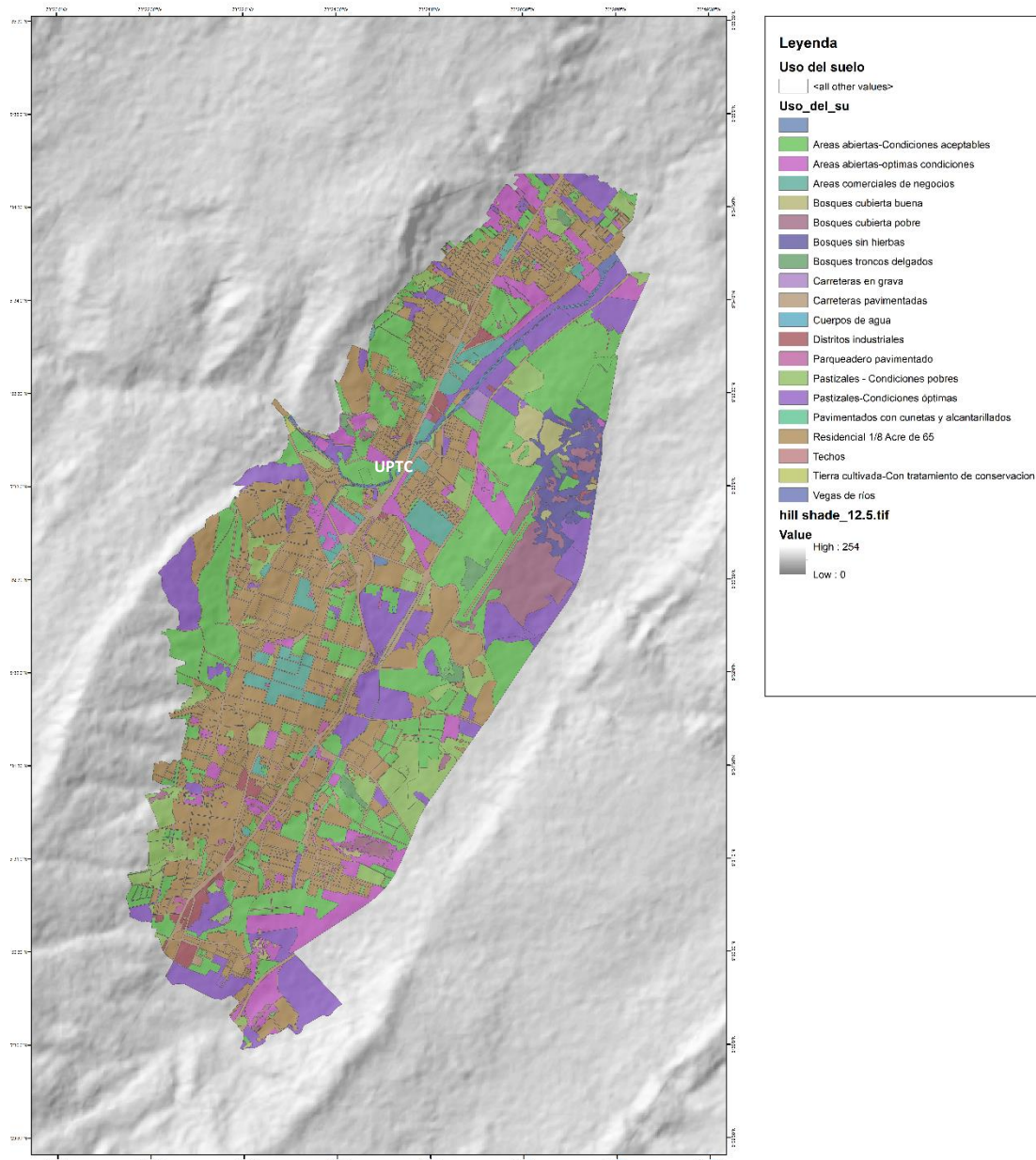


Figura 21. Clasificación Uso del suelo para centro comercial Unicentro. Fuente El estudio

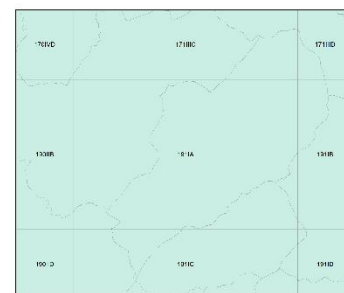
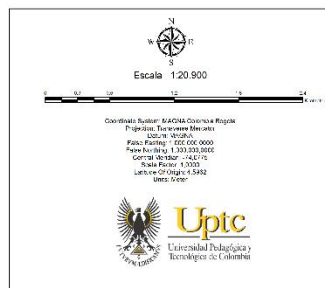
6.2.6.1 MAPA USO DEL SUELO EN EL CASCO URBANO DE TUNJA



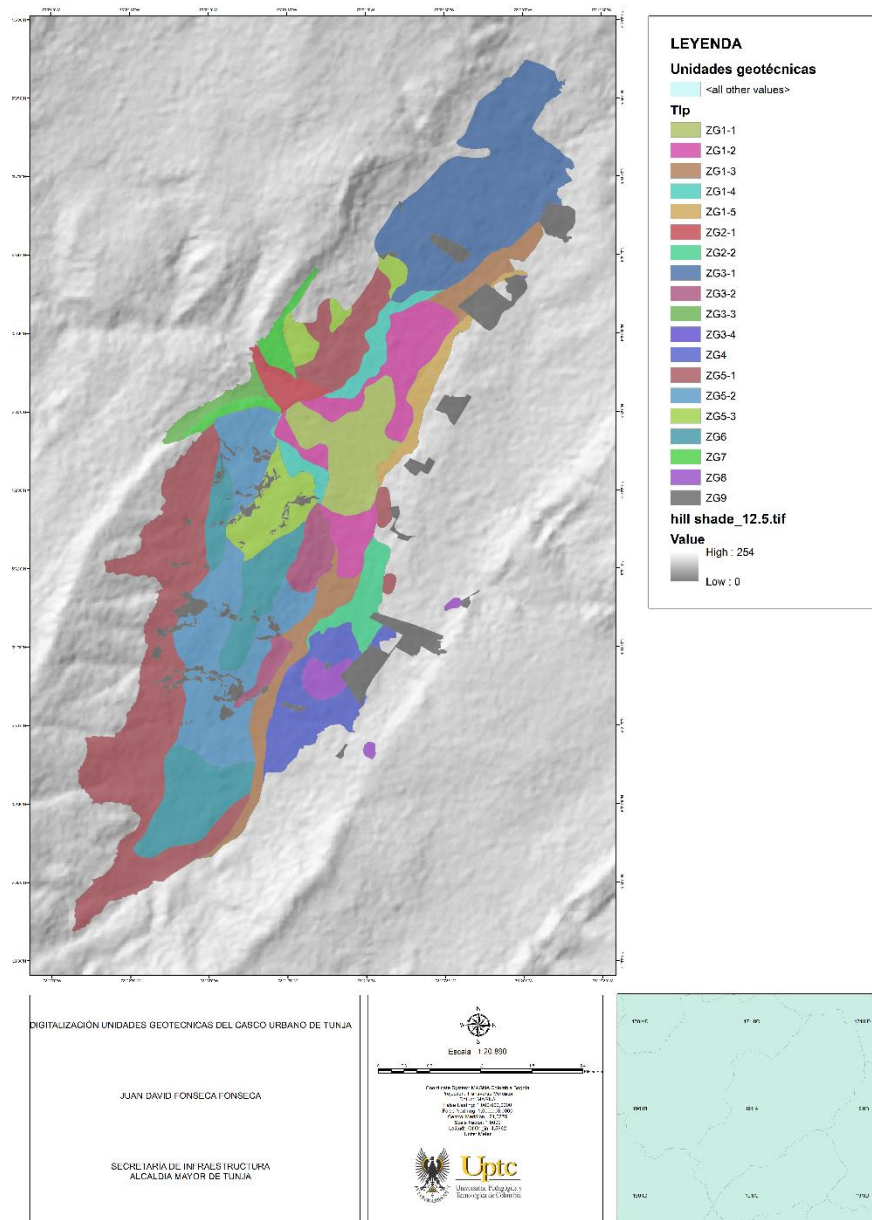
MAPA USO DEL SUELO CASCO URBANO DE TUNJA

JUAN DAVID FONSECA FONSECA

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA
ALCALDÍA MAYOR DE TUNJA



6.2.6.2 MAPA UNIDADES GEOTÉCNICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO



Digitalización unidades geotécnicas en el casco urbano de la ciudad de Tunja. Fuente Zonificación sísmica del casco urbano de la ciudad de Tunja. Convenio interadministrativo Alcaldía de Tunja y UPTC.

Es importante definir las unidades geotécnicas del área de estudio debido a que esta es la base para realizar la clasificación del grupo hidrológico y en base a este, definir el número de curva para cada polígono según el uso del suelo. Se tomó como base el mapa de cobertura vegetal, partiendo de éste se sobrepone el mapa geotécnico para de esta forma conocer el tipo de litología sobre la cual esta acentuado cada polígono. Del mapa geotécnico el cual se digitalizó en base al estudio de Zonificación sísmica del casco urbano de la ciudad de Tunja - Convenio interadministrativo Alcaldía de Tunja y UPTC se obtuvieron un total de 19 unidades geotécnicas presentadas a continuación:

Unidad Geotécnica	Descripción
ZG1-1	Arcillas y limos con intercalación de arenas. Arcillas orgánicas de 3-6m
ZG1-2	Arcillas y limos con intercalación de arenas, turbas y arcillas orgánicas
ZG1-3	Arcillas y limo intercalados con arenas y ocasionales lentes de turba
ZG1-4	Arcillas y arenas con ocasional presencia de líticos
ZG1-5	Arcillas blancas grisáceas con limos y ocasionalmente gravas
ZG2-1	Cantos rodados de arenisca inmersos en matriz limo arcillosa
ZG2-2	Gravas redondeadas de hasta 8cm inmersos en matriz arcillosa
ZG3-1	Bloques de arenisca subredondeados inmersos en matriz arenoarcillosa
ZG3-2	Bloques de arenisca con sobre tamaño de hasta 3m y mala distribución
ZG3-3	Bloques de arenisca redondeados de hasta 0.5cm en matriz limo arenosa
ZG3-4	Bloques de arenisca subangulares en matriz arcillosa de color amarilla
ZG4	Arcillolitas y limolitas intercalados con ocasionales lentes de arena
ZG5-1	Areniscas con pendiente estructural uniforme y niveles arcillosos
ZG5-2	Arenisca muy friable y fracturada con arcilla en sus discontinuidades
ZG5-3	Arcillolitas y limolitas altamente meteorizadas
ZG6	Suelos residuales de la formación Bogotá compuesto por arcilla y limos
ZG7	Roca conglomerática de la formación cacho
ZG8	Depósito de diatomitas
ZG9	Rellenos antrópicos

Tabla 12. Unidades geotécnicas del casco urbano ciudad de Tunja. Fuente Zonificación sísmica del casco urbano de la ciudad de Tunja. Convenio interadministrativo Alcaldía de Tunja y UPTC.

La clasificación de las unidades geotécnicas según los tipos A, B, C o D con base en los criterios de SCS a partir de la tabla 11 se hace considerando, textura, espesor y origen de los suelos. Dicha información se encuentra resumida en la tabla 12.

Teniendo en cuenta la siguiente clasificación hidrológica de los suelos:

- Grupo A: Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados.
- Grupo B: Suelos poco profundos depositados por el viento, suelos francoarenosos.
- Grupo C: Suelos francoarcillosos, francoarenosos poco profundos, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con alto contenido de arcillas.
- Grupo D: Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos

TIPO	ZG1-1	ZG1-2	ZG1-3	ZG1-4	ZG1-5	ZG2-1	ZG2-2	ZG3-1	ZG3-2	ZG3-3
GRUPO	D	D	C	C	C	C	C	B	C	B

TIPO	ZG3-4	ZG4	ZG5-1	ZG5-2	ZG5-3	ZG6	ZG7	ZG8	ZG9
GRUPO	C	C	A	A	C	C	B	C	C

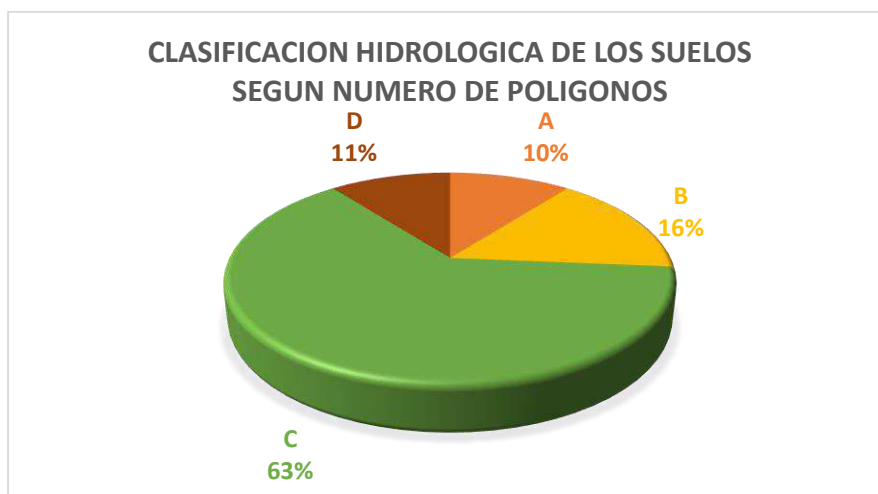


Figura 22. Distribución porcentual de grupos hidrológicos de los suelos en base a la clasificación geotécnica del casco urbano de Tunja. Fuente el estudio

La figura 22 muestra los porcentajes de distribución de los grupos hidrológicos del suelo presentes en el casco urbano de Tunja según la cantidad de polígonos, en total 121 polígonos geotécnicos para las cuatro subunidades (A, B, C, D) mostrando que el 63% corresponde al tipo C y para un total de 105 polígonos, es decir suelos franco arenosos y franco arcilloso de poca profundidad, más específicamente a ZG1-3, ZG1-4, ZG1-5, ZG2-1, ZG2-2, ZG3-2, ZG3-4, ZG4, ZG5-3, ZG6, ZG8, ZG9. En total son 12 unidades geotécnicas que entran en el grupo C del grupo hidrológico de suelos para el área de estudio representando más del 50% de distribución y de esta manera llegar a ser un factor importante en el comportamiento hidráulico del suelo.

El siguiente grupo hidrológico con mayor porcentaje de distribución es el grupo B, con un 16% correspondiente a 4 polígonos, los suelos franco arenosos de poca profundidad se encuentran en segundo lugar de distribución con un total de 3 unidades geotécnicas, específicamente ZG3-1, ZG3-3 Y ZG7. Dichas unidades se encuentran ubicadas en la parte norte y noroccidental del casco urbano.

El grupo hidrológico D con un porcentaje de cantidad de unidades del 11% representan 2 grupos geotécnico específicamente ZG1-1 y ZG1-2 para un total de 4 polígonos correspondientes a las arcillas con alta plasticidad, en este caso cuentan con altos niveles de materiales orgánicos. Estos dos grupos representan dicho porcentaje anterior en cuanto a número mas no en área representada, y como se puede observar en el mapa adjunto las áreas de estas unidades son de importancia.

El grupo hidrológico A con un porcentaje de cantidad de unidades del 11% representan 2 grupos geotécnico específicamente ZG5-1 y ZG5-2 para un total de 8 polígonos correspondientes a arenas con espesores profundos e intercalaciones de limos. Estos dos grupos representan dicho porcentaje anterior en cuanto a número mas no en área representada, y como se puede observar en el mapa adjunto las áreas de estas unidades son de importancia.

El anterior análisis no implica que una unidad sea A, B, C, D al tener mayor cantidad de polígonos dicha unidad sea la que mayor área tenga en el área de estudio, como se observa a continuación en el siguiente gráfico.

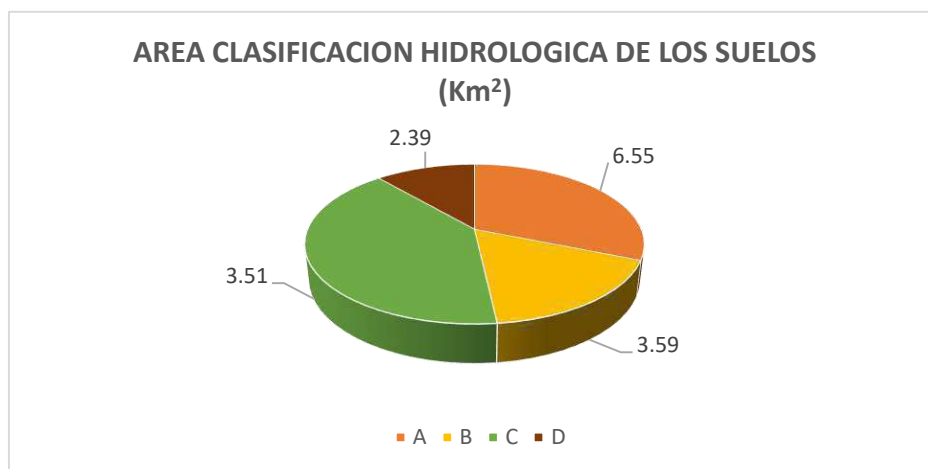


Figura 23. Áreas de cada grupo hidrológico en el área de estudio en Km² Fuente el estudio

La figura 23 muestra las áreas de cada grupo hidrológico del casco urbano de la ciudad de Tunja, en donde el grupo C es el de mayor predominancia con un total de 8,5 Km² los cuales están representados por 105 polígonos mostrados en la figura 2 los cuales no son los de mayor extensión, pero al juntar los pequeños y dispersos polígonos de este grupo C conforman al grupo hidrológico de mayor área del casco urbano de Tunja.

El segundo grupo hidrológico de mayor extensión es grupo A con un total de 8 polígonos, número muy inferior en comparación al grupo C. El grupo A representa un área de 6,5 Km² del casco urbano de Tunja y en este caso los polígonos son muy pocos, pero cuentan con mayores áreas en la parte central del casco urbano y de esta forma posicionarse como el segundo grupo hidrológico.

Por último, el grupo B con 3,5 Km² y el grupo D con 2,3 Km² son los de menor área y de esta forma los cuatro grupos hidrológicos que tienen un total de 121 polígonos distribuidos en el casco urbano de Tunja en total suman 21,06 Km²

Grupo hidrológico	Área (Km2)	Numero de polígonos
A	6,5	8
B	3,5	4
C	8,5	105
D	2,3	4
		121

Tabla 13. Área y número de polígonos para cada grupo hidrológico del área de estudio. Fuente el estudio

En la tabla 10 se observa que el número de polígonos presentes en el área de estudio para cada grupo hidrológico no es directamente proporcional a la extensión en Km² del mismo, es el caso del grupo A en donde se presenta un número significativamente menor de polígonos con respecto al grupo C, y en este caso 8 polígonos representan gran parte del área de estudio.

USO DE SUELO	GRUPO HIDROLÓGICO DE SUELO			
	A	B	C	D
Tierra cultivada				
Sin tratamiento de conservación	72	81	88	91
Con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales				
Condiciones pobres	68	79	86	89
Condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos	30	58	71	78
Bosques				
Troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas	45	66	77	83
Cubierta buena	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.				
Óptimas condiciones: cubierta en pasto (75 % o más)	39	61	74	80
Condiciones aceptables: cubierta en pasto (50 al 75 %)	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85 % impermeables)	89	92	94	95
Distritos industriales (72 % impermeables)	81	88	91	93
Residencial				
Tamaño promedio lote porcentaje promedio impermeable				
1/8 de acre 65	77	85	90	92
1/4 de acre 38	61	75	83	87
1/3 de acre 30	57	72	81	86
1/2 de acre 25	54	70	80	85
1 de acre 20	51	68	79	84
Parqueadero pavimentado, techos, accesos, etc.	98	98	98	98
Calles y carreteras				
Pavimentados con cunetas y alcantarillados	98	98	98	98
Grava	76	85	89	91
Tierra	72	82	87	89

Tabla 14. Valores de número de curva para diferentes grupos hidrológicos y de usos de suelo Fuente: Chow et al., 1994.

El polígono mostrado en la siguiente imagen corresponde al mismo del ejemplo anterior (Imagen 1) al cual se le clasificó según el uso del suelo como área comercial de negocios según la sección resaltada en la tabla 7. Una vez realizada dicha clasificación se sigue la sección resaltada de la tabla 10, y de acuerdo al grupo geotécnico sobre el cual se encuentre el polígono se le asigna un número de curva. En este caso particular el polígono corresponde al grupo C con un valor de 94.

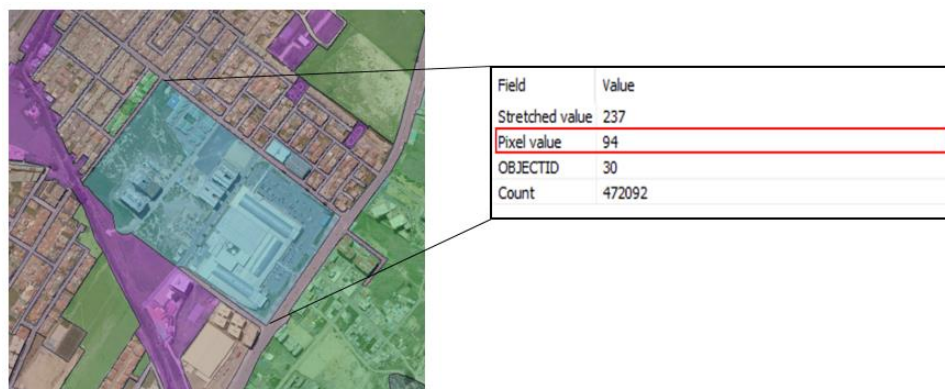


Figura 24. Ejemplo de clasificación de número de curva para un polígono. Fuente El estudio

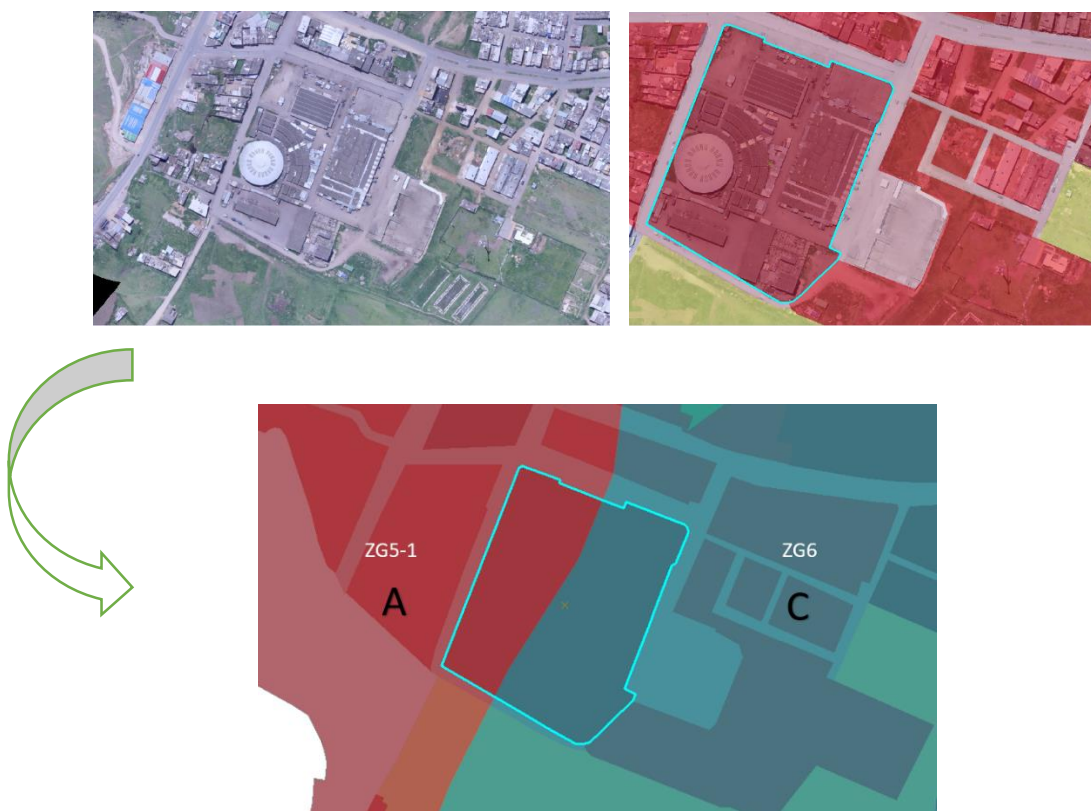


Figura 25. Subdivisión de un polígono tras la sobreposición del mapa geotécnico. Fuente el estudio

En la figura se observa un polígono correspondiente al tejido urbano continuo propiamente a una zona industrial, al realizar la sobreposición del mapa de unidades geotécnicas se evidencia que dicho polígono se encuentra ubicado en una zona en que dos unidades de diferente tipo convergen. En este caso la unidad ZG5-1 correspondiente al grupo hidrológico A y la unidad ZG6 correspondiente al grupo C.



Figura 26. Valor de CN para cada subdivisión del polígono. Fuente el estudio

Al dividirse en 2 polígonos el polígono original, se realiza una clasificación de cada división correspondiente al grupo hidrológico según la tabla 10, la cual sigue la guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgos por movimientos en masa del servicio geológico colombiano. El polígono anterior se trata de un distrito industrial, por tal razón para la subdivisión A se asigna un valor de 81, y para la división C se asigna un valor de 91. Estos valores son los valores del número de curva (CN) el cual varía de acuerdo al tipo de grupo hidrológico y al uso del suelo.

Se obtuvo un total de 2725 polígonos luego de realizar la sobreposición del mapa geotécnico en el mapa de uso del suelo el cual contiene un total de 1468 polígonos, esto debido a que como se mostró en el ejemplo anterior de un polígono pueden salir varios más. De estos 2725 polígonos se clasificaron según el grupo hidrológico asignando un valor CN y se obtuvieron los siguientes resultados:

GRUPO HIDROLOGICO	NUMERO DE POLIGONOS
A	729
B	409
C	1322
D	265
TOTAL	2725

Tabla 15. Grupo hidrológico y numero de polígonos resultantes de la sobre posición del mapa geotécnica. Fuente el estudio

La mayor cantidad de polígonos corresponde al tipo C el cual conforma 12 de las 19 unidades geotécnicas mostradas en el mapa

USO DEL SUELO	NUMERO DE POLIGONOS
Residencial 1/8 Acre de 65	1241
Áreas abiertas-Condiciones aceptables	359
Carreteras pavimentadas	323
Áreas abiertas-óptimas condiciones	205
Pastizales - Condiciones pobres	122
Pastizales - Condiciones Optimas	121
Áreas comerciales de negocios	68
Bosques cubierta pobre	59
Bosques cubierta buena	53
Distritos industriales	39
Vegas de ríos	31
Cuerpos de agua	28
Bosques troncos delgados	25
Parqueadero pavimentado	15
Carreteras en grava	14
Bosques sin hierbas	10
Pavimentados con cunetas y alcantarillados	9
Tierra cultivada-Con tratamiento de conservación	3
TOTAL	2725

Tabla 16. Clasificación según el uso del suelo para polígonos presentes en el área de estudio. Fuente el estudio

6.2.7 Cálculo del número de curva (CN)

El número de curva (CN) es un parámetro empírico que se calcula con el método desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) actualmente Servicio de Conservación de los Recursos Naturales (NRCS) de los EE.UU. Toma en cuenta las condiciones de humedad antecedente (AMC) del suelo (seco, normal y húmedo) determinada a partir de la precipitación total en los cinco días previos. Se representa mediante un número adimensional, en curvas estandarizadas, las que varían entre 0 y 100; donde un área con CN = 0 no tiene escurrimiento y otra con CN = 100 es impermeable y toda la precipitación genera escurrimiento.²⁷

AMC (I)	Condiciones secas
AMC (II)	Condiciones Normales
AMC (III)	Condiciones Húmedas

Condiciones antecedentes de humedad básica: Fuente SCS

Para el presente estudio se propuso un valor individual para cada polígono, en total a los 2725 polígonos se les asignó un CN diferente, según las características y condiciones bajo las cuales se encuentre determinado polígono. De esta forma se obtuvieron los siguientes resultados para cada grupo hidrológico del área de estudio:

GRUPO A	
CN	NUMERO POLIGONOS
25	16
30	7
39	78
45	12
49	74
68	31
76	6
77	424
81	19
89	20
98	42
	729

Tabla 17. Clasificación CN grupo hidrológico A.

GRUPO B	
CN	NUMERO POLIGONOS
55	3
58	9
61	48
66	6
69	38
71	2
79	11
85	214
88	4
92	6
98	68
	409

Tabla 18. Clasificación CN grupo hidrológico B.

²⁷ (Ávila Álvarez, y otros) Guía metodológica vulnerabilidad y riesgo SGC.

GRUPO C	
CN	NUMERO POLIGONOS
70	20
71	24
74	169
77	89
78	1
79	206
84	15
86	34
89	36
90	471
91	13
94	33
98	211
	1322

Tabla 19. Clasificación CN grupo hidrológico C.

GRUPO D	
CN	NUMERO POLIGONOS
74	13
77	1
78	19
79	12
80	18
84	14
86	7
89	6
91	1
92	135
93	2
94	4
95	7
98	26
	265

Tabla 20. Clasificación CN grupo hidrológico D.

En el método de la Curva Numérica cada tipo o clase de suelo es asignado a un grupo hidrológico. Los grupos hidrológicos se basan fundamentalmente en la capacidad de infiltración, la cual puede relacionarse con la conductividad hidráulica saturada de la superficie del suelo. La información cartográfica de suelos, y los mapas de cobertura vegetal y uso de suelo fueron reclasificadas. La cobertura vegetal y uso del suelo se reclasificó como cobertura/condición hidrológica.

La información anteriormente descrita constituye los principales insumos del método del sistema de clasificación de suelos (S.C.S) para la estimación del número de curva, que representa un coeficiente de escurrimiento para una zona, o una cuenca hidrológica

La clasificación para el Numero de curva (CN) es presentada de esta forma debido a que es muy dispersa la información acerca del tipo de polígono, uso del suelo del mismo, clasificación hidrológica y por último el mencionado CN. Por esta razón se ha presentado en las anteriores cuatro tablas la clasificación del CN de cada grupo hidrológico del área de estudio, evidenciando que el grupo C es el que presenta mayor número de polígonos, seguido por el grupo A, grupo B y por último el grupo D. De esta forma completando un total de 2725 polígonos.

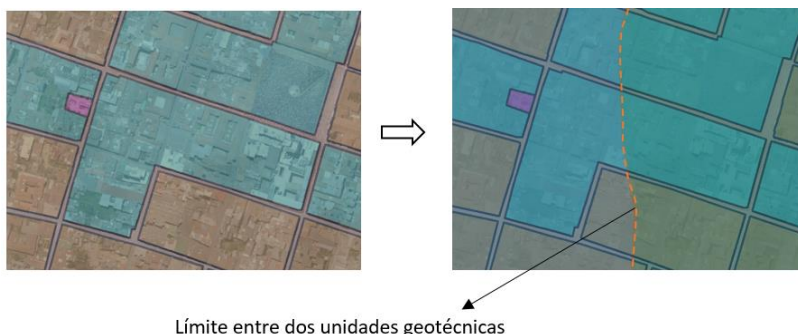


Figura 27. Límite entre dos unidades geotécnicas en un polígono perteneciente a tejido urbano continuo. Fuente El estudio

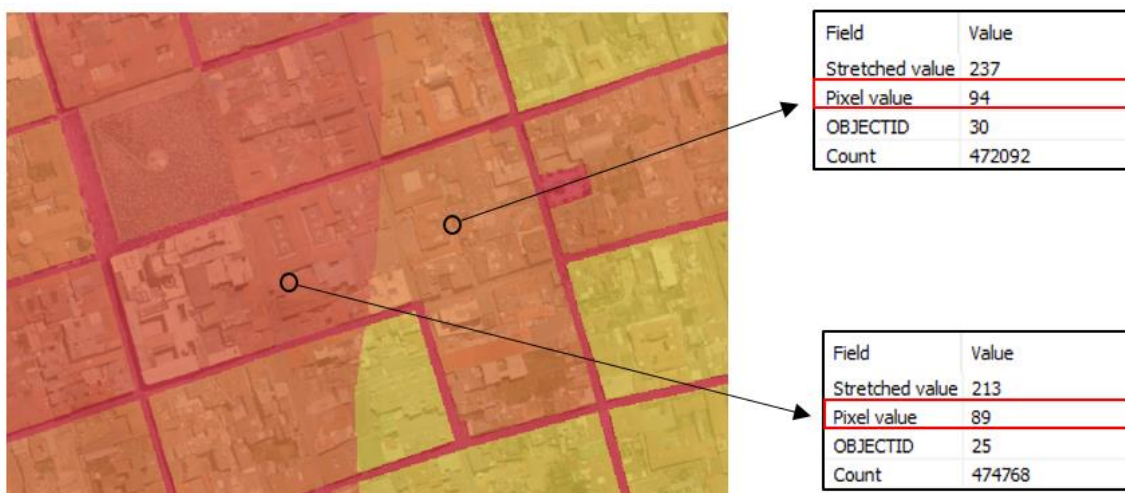


Figura 28. Clasificación del número de curva para un polígono correspondiente a tejido urbano continuo en donde se encuentran 2 unidades geotécnicas diferentes. Fuente Mapa CN. El estudio

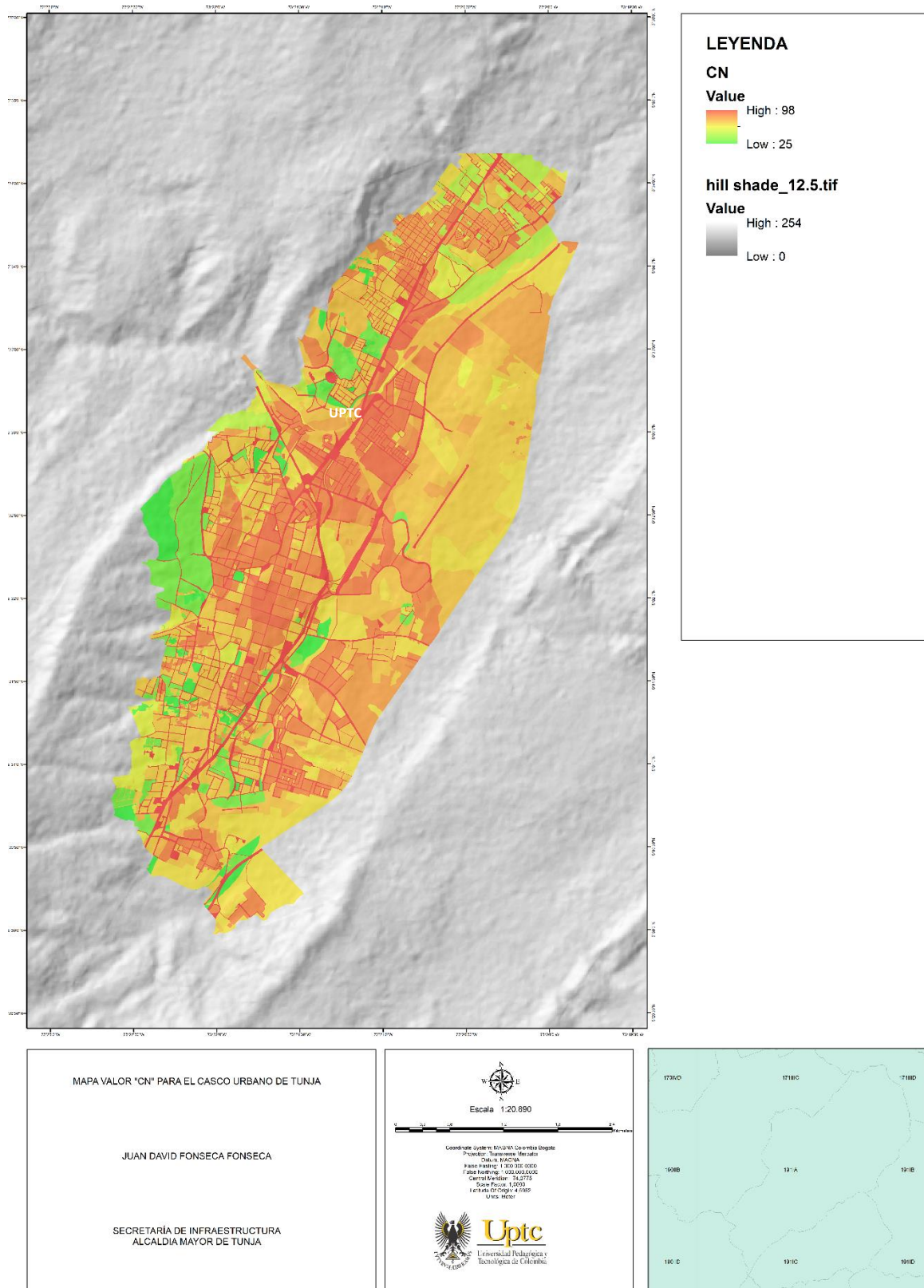
La metodología del Servicio Geológico Colombiano propone identificar un valor promedio de número de curva (CN) de la unidad geotécnica por analizar, donde se muestran los valores para diferentes grupos hidrológicos de suelo y usos de estos para condiciones de humedad antecedente normal (AMC II).²⁸

Siguiendo la metodología propuesta, se realiza la identificación del valor CN a cada unidad geotécnica presente en el área de estudio, las cuales fueron mencionadas, clasificadas y descritas en la tabla 9. De esta manera al existir 2725 polígonos se obtuvo un igual número de CN para cada polígono y de esta forma se realizó el mapa de número de curva en el SIG ArcGIS10.2 el cual se encuentra en el presente documento anexo, todo esto como base para el siguiente paso en el cual se calculará la retención máxima potencial de los suelos (S).

El valor ponderado de CN para el casco urbano de Tunja es igual a 81.

²⁸ (Ávila Álvarez, y otros) Guía metodológica vulnerabilidad y riesgo SGC.

6.2.7.1 MAPA "CN" EN EL CASCO URBANO DE TUNJA



6.2.8 Cálculo de la retención potencial máxima (S)

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Donde S está en milímetros y CN corresponde al número de curva previamente seleccionado como representativo de la zona para la condición de humedad antecedente II. Se considera suficiente en este caso utilizar el número de curva para la condición II de humedad antecedente para todo el registro de precipitación. Como se recordará, el método del Soil Conservation Service considera números de curva para tres condiciones de humedad antecedente (I, II y III), que para las estaciones climáticas en las cuales hay crecimiento de vegetación se determinan según la precipitación acumulada de los cinco días previos al del análisis: inferior a 35 mm, entre 35 y 53 mm, o superior a 35 mm, respectivamente.²⁹

Para el cálculo de la retención potencial máxima en el área de estudio, se puede realizar de dos maneras, una utilizando la herramienta “Raster Calculator” del SIG ArcGIS 10.2 y de esta manera obtener al mismo tiempo un mapa en donde se indica el valor de S para cada polígono representado en el área de estudio.

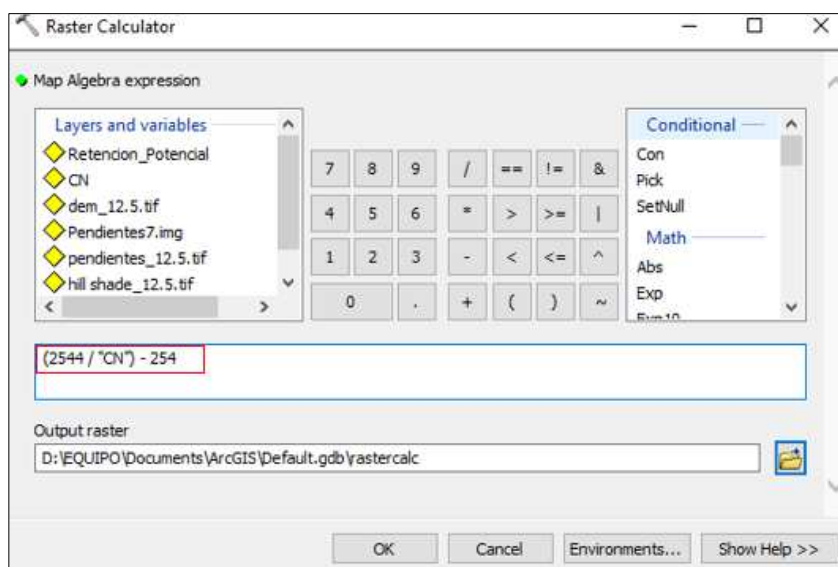


Figura 29. Aplicación de la fórmula de retención potencial máxima con la herramienta Raster Calculator.

Fuente el estudio

Tras aplicar de la fórmula de retención potencial máxima se genera el mapa llamado de la misma forma, y en donde se observa un valor de pixel equivalente al “S” de cada polígono existente en el área de estudio. Como se muestra en la imagen 8 el polígono de forma ovalada corresponde a una zona urbanizada y más específicamente a una zona residencial, polígono que tiene un numero de curva igual a 77 y de acuerdo al desarrollo de la forma propuesta se obtiene un valor de retención potencial máxima igual a 75, de esta forma se puede observar el procedimiento que en general se realizó mediante la herramienta “Raster Calculator”

²⁹ (Ávila Álvarez, y otros) Guía metodológica vulnerabilidad y riesgo SGC.

$$S = (25400/77) - 254 = 75$$

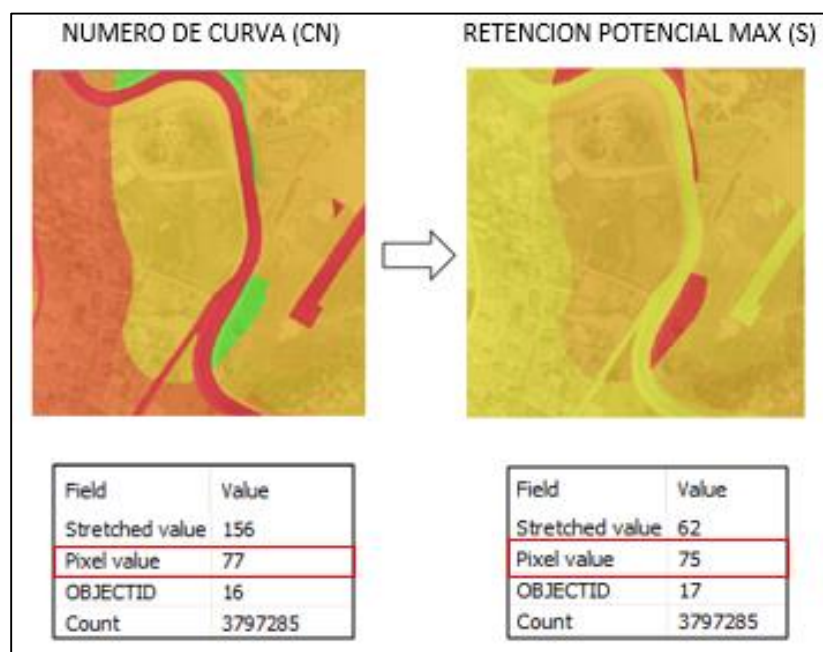


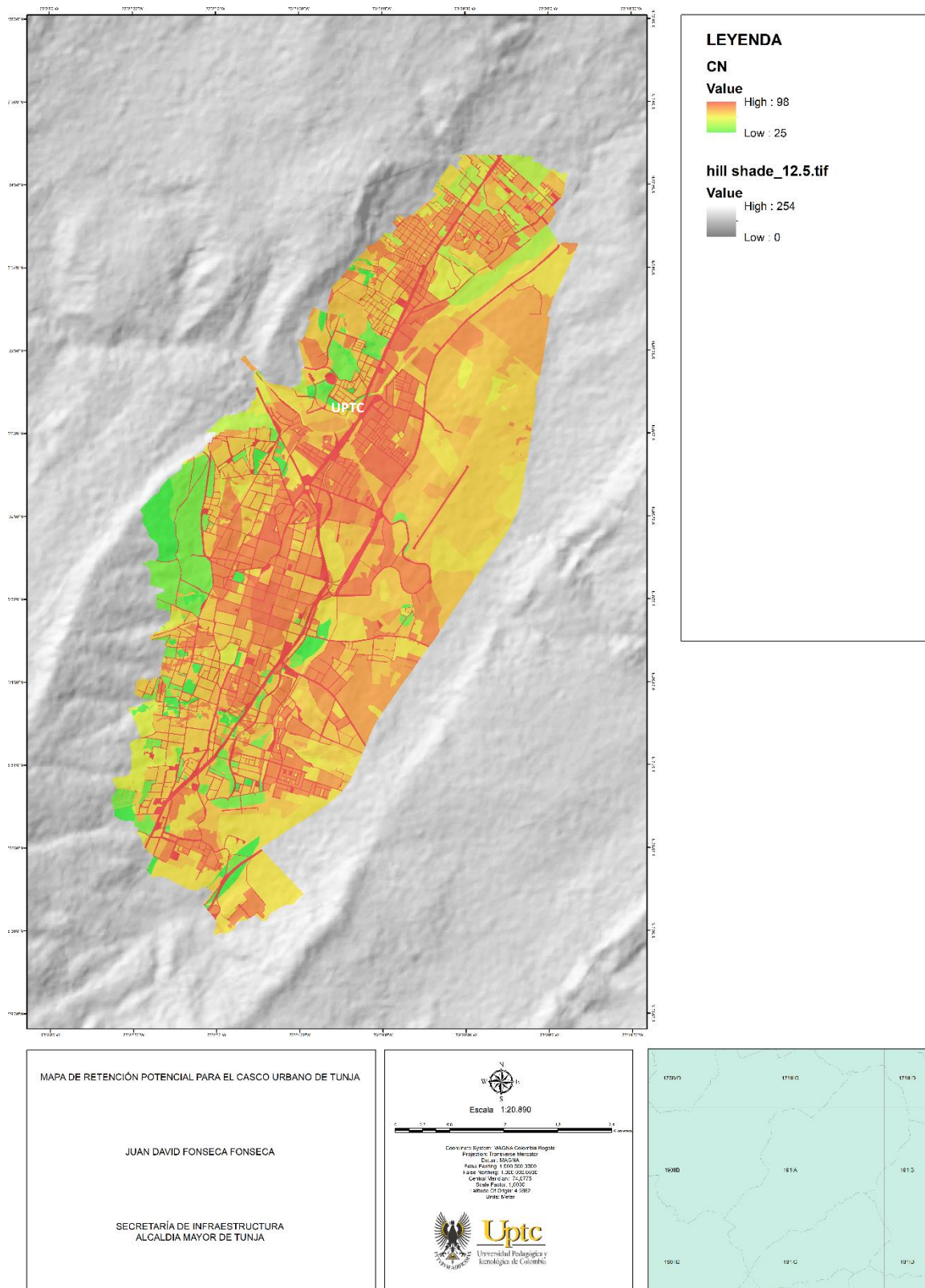
Figura 30. Valor de CN y S para un polígono correspondiente a una zona residencial. Fuente el estudio

La segunda forma de calcular la retención potencial máxima de cada polígono se realizó con la aplicación de la fórmula en una tabla de Excel aplicada a los 2725 polígonos y de esta forma se realizó un ponderado de S para de esta manera usar este resultado en el cálculo de la escorrentía, el cual se estudia más adelante.

GRUPO_HIDR	CN	RETENCIÓN POTENCIAL MAX (mm)	ÁREA (km ²)
A	39	397,2820	10781,2143
B	79	67,5189	0,0064
C	77	75,8701	20,1967
C	94	16,2127	9515,7504
C	98	5,1836	1303,2039
A	39	397,2820	783,9804
A	39	397,2820	5662,0766
A	39	397,2820	3189,6880
C	89	31,3932	8010,8621
C	89	31,3932	23,5700

De esta forma el valor ponderado de retención potencial máxima para el casco urbano de Tunja luego de realizar un promedio igual a 74,5mm

6.2.8.1 MAPA RETENCIÓN POTENCIAL MÁXIMA EN EL CASCO URBANO DE TUNJA



6.2.9 ANÁLISIS HIDROLOGICO

El análisis hidrológico se enfoca en determinar el comportamiento del recurso hídrico en el área de estudio, en este capítulo se desarrolla dicho análisis basado en el procesamiento de datos proporcionadas por estaciones meteorológicas ubicadas en cercanías a la ciudad de Tunja esto para un periodo de tiempo determinado exactamente para los últimos 45 años.

6.2.9.1 CARACTERIZACION HIDROLOGICA

El balance hídrico es una herramienta que permite estimar las ganancias de agua por lluvia o riego y las pérdidas por evaporación, escorrentía, drenaje profundo y la variación del almacenamiento de aguas en el suelo. Conocer el balance hídrico de un área permite determinar, la disponibilidad del recurso hídrico y la magnitud a nivel macroclimático de los periodos con exceso o deficiencia de agua de una unidad de trabajo sometida a un estudio hidroclimático.³⁰

6.2.9.1.1 PRECIPITACIÓN

La precipitación es, normalmente, la única fuente de humedad que tiene el suelo y por eso conviene que su medida y cálculo se hagan con gran precisión, pues de ello depende, en gran manera la exactitud de todos los cálculos del balance hídrico.³¹

La precipitación es una parte importante del ciclo hidrológico, llevando agua dulce a la parte emergida de la corteza terrestre y, por ende, favoreciendo la vida en nuestro planeta, tanto de animales como de vegetales, que requieren agua para vivir. La precipitación se genera en las nubes, cuando alcanzan un punto de saturación; en este punto las gotas de agua aumentan de tamaño hasta alcanzar una masa en que se precipitan por la fuerza de gravedad.

6.2.9.1.2 ZONAS DE RECARGA

La recarga a un acuífero puede darse naturalmente debido a la precipitación, a las aguas superficiales, es decir, a través de ríos y lagos, o por medio de transferencias desde otras unidades hidrogeológicas o acuíferos; pero también puede darse de manera artificial producto de actividades como la irrigación, fugas de redes de abastecimiento o por infiltraciones de embalses y depósitos (Balek, 1988; Custodio, 1997; Simmers, 1990; Lerner, 1990; Samper, 1997).

Lerner propone una clasificación similar pero un poco más completa sobre las fuentes de recarga:

1. Recarga directa o recarga difusa, proveniente del agua lluvia.
2. Recarga concentrada o indirecta, producto de cauces permanentes, estacionales y efímeros.
3. Flujos laterales, procedentes de otros acuíferos
4. Retorno de riegos, excesos de riegos o las pérdidas en los canales de distribución
5. Recarga Urbana, producto de fugas de redes de desabastecimiento y redes de alcantarillado.

³⁰ (U.P.T.C, CONVENIO N° 038 DEL 2012)

³¹ (Fajardo , 2016)

Lerner (1990) y luego Simmers (1997) definen la recarga localizada como una categoría intermedia la cual implica un movimiento horizontal del agua antes de que termine el proceso de recarga.

La recarga puede determinarse por varios métodos, y se clasifican en 5 grupos:

- Medidas directas: La recarga se mide directamente mediante la construcción de lisímetros. Un lisímetro es un bloque de suelo dotado de dispositivos que permiten medir el flujo que drena hasta el acuífero.
- Balance hídrico: Se determinan los flujos de entrada y de salida de un sistema, y la recarga al acuífero constituye el residuo de la ecuación de balance; hacen parte de este grupo los balances de humedad del suelo, de agua en canales, el método de fluctuaciones del nivel freático y el que iguala la descarga a la recarga.
- Trazadores: Su principal uso es determinar fuentes de recarga y zonas de descarga, aunque se utilizan para cuantificar la recarga a través de un balance de masa del trazador.
- Aproximaciones de Darcy: Se encuentran valores de cabezas hidráulicas a partir de las ecuaciones de flujo de Richards y Boussinesq y luego se determina la velocidad de filtración. Si se asumen condiciones estables la recarga se determina directamente de la ecuación de Darcy.
- Empíricos: Consiste en el desarrollo de ecuaciones empíricas que relacionan la recarga con alguna variable como la precipitación.³²

Para la zona de la Cuenca Hidrogeológica del río Jordán, el acuífero más importante del área de estudio lo constituye las areniscas granulosas de la Formación Cacho (E1C), parte más baja de la Formación Bogotá (Tb), así mismo el casco urbano de Tunja está ubicado sobre el cuaternario aluvial (Qal) y en gran parte sobre las rocas terciarias de la formación Bogotá como se muestra en la figura 31.

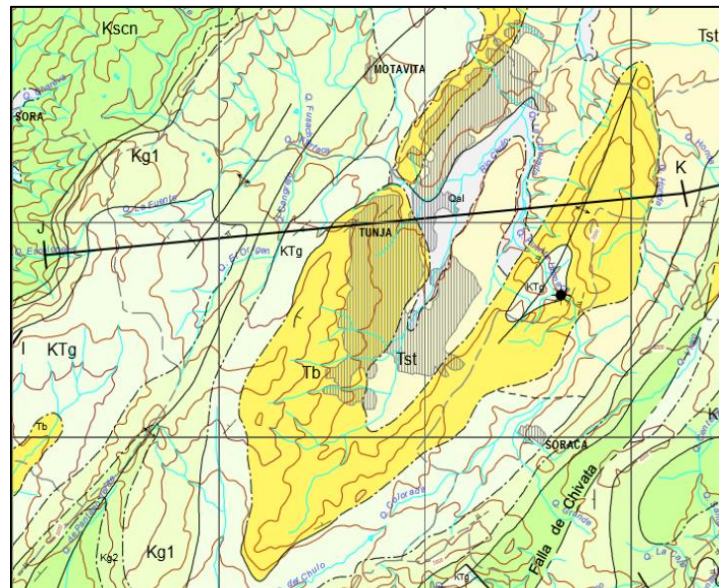


Figura 31. Mapa geológico de la zona de estudio, escala 1:100.000. Fuente SGC.

³² (U.P.T.C, CONVENIO N° 038 DEL 2012)

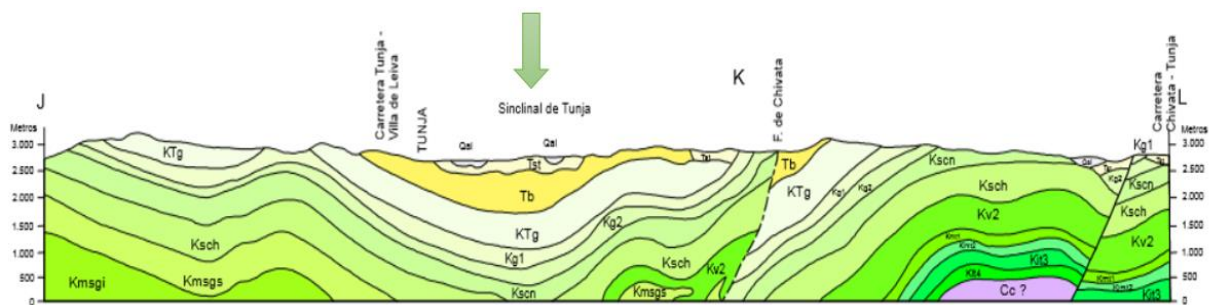


Figura 32. Perfil geológico casco urbano y sinclinal de Tunja. Fuente Plancha 191 Servicio Geológico Colombiano

La otra zona de recarga, aunque de baja precipitación anual (693 mm), está representada a grandes rasgos por el área del Sinclinal de Tunja, que forma una faja orientada Norte- Este, desde cercanías del municipio de Boyacá hasta el municipio de Oicatá en el flanco derecho. Allí los acuíferos están representados por las areniscas de la Formación Cacho (E1C) los cuales se recargan en contra de la pendiente de los flancos.

Se debe también tener en cuenta el modelo geológico, ya que el sinclinal de Tunja es una estructura buzante que tiende a desaparecer hacia el norte, y esta misma estructura geológica por sus características facilita que exista una mayor infiltración de agua hacia la parte sur en donde las areniscas de la formación Cacho (E1C) reciben el recurso hídrico.

6.2.9.2 DISTRIBUCION ESPACIAL DE LAS PRECIPITACIONES EN LA ZONA DE ESTUDIO

6.2.9.2.1 ZONA SUR DE LA CIUDAD (PARTE ALTA DE LA CUENCA)

Se evidencian promedios anuales entre 690mm y 770 mm en la parte sur de la ciudad, en barrios tales como Simón Bolívar, La florida, San Antonio entre otros. Mediante el análisis de las isoyetas del área de estudio obtenidas tras realizar el procesamiento de datos de las ocho estaciones, las lluvias alcanzan valores de precipitación de hasta aproximadamente 1000 mm por año hacia el Sur en la vereda de Runta, lugar en que se encuentran múltiples cultivos, entre los más destacados están los de Cebolla y los de tubérculos. Esta diferencia de cantidad de precipitación en las diferentes zonas de Tunja es una de las causas por las cuales la actividad agrícola presenta mejor calidad que zona norte de la ciudad.

6.2.9.2.2 ZONA NORTE DE LA CIUDAD (PARTE MEDIA Y BAJA DE LA CUENCA)

Los promedios anuales de precipitación se encuentran entre 600 y 670 mm por año para la zona norte de la ciudad, la cual recibe la menor cantidad de precipitaciones por año con respecto a la parte sur anteriormente descrita. Hacia el norte de la ciudad se presenta el desarrollo y crecimiento urbanístico, es decir mayor cantidad de área que conforman el tejido urbano continuo, comprende barrios como Santa Inés, Villa Luz, Las Quintas, los muiscas, entre otros. Por ende, en esta parte de la ciudad se disminuye drásticamente el uso del suelo destinado a la agricultura.

6.2.10 ANALISIS DE LAS PRECIPITACIONES EN ESTACIONES DEL ÁREA DE ESTUDIO

Para determinar la precipitación media multianual se analizan los valores medios mensuales multianuales para determinar un valor medio mensual para un periodo de 42 años según los datos registrados en las estaciones.

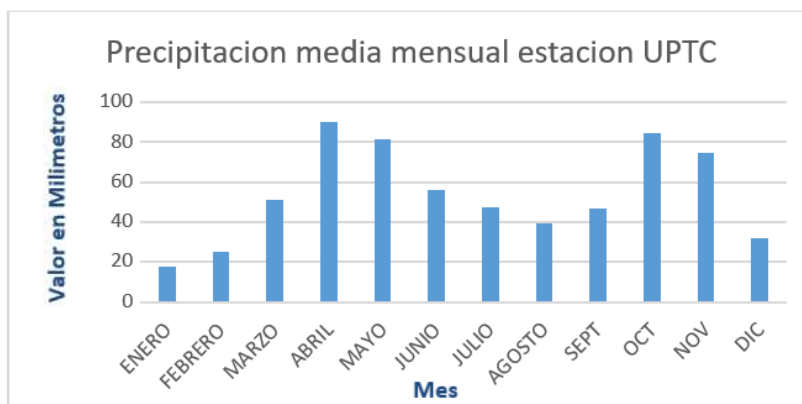
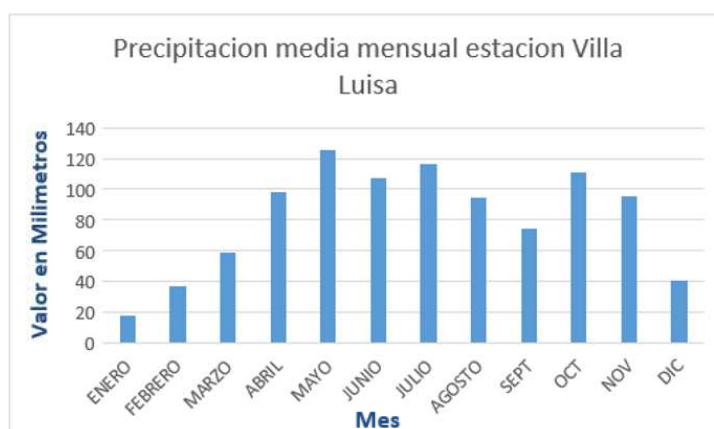


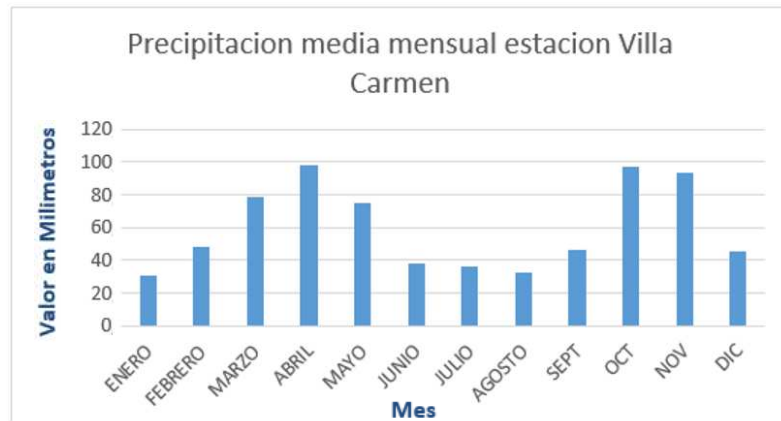
Figura 33. Precipitación media mensual para estación UPTC. Fuente El estudio

La estación de la UPTC es la única que está ubicada en la parte interna del casco urbano de la ciudad de Tunja a una altura de 2690 m.s.n.m, según el análisis de datos de precipitación media multianual mensual para dicha estación, presenta un comportamiento bimodal en donde las mayores precipitaciones a lo largo del año se presentan en los meses de Abril y Mayo aproximadamente de 89 y 81 mm por mes respectivamente, y en donde se puede notar una disminución en las lluvias entre Junio y Septiembre para entrar de nuevo al siguiente periodo de lluvias que se presentan en los meses de Octubre y Noviembre. El periodo de menor precipitaciones se presenta en el primer bimestre del año, siendo enero el mes del año en el que menos llueve, con un promedio de 17,7 m.

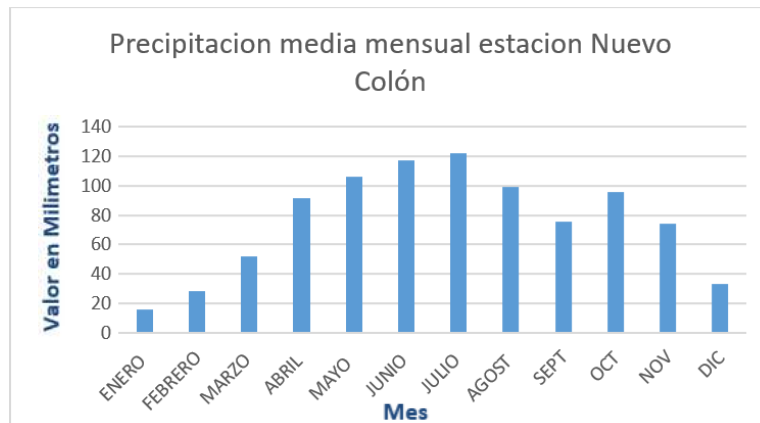


La estación Villa Luisa Ubicada al sur de la ciudad de Tunja en el municipio de Ramiriquí, a 13 km de distancia del área de estudio y a una altura de 2200 m.s.n.m presenta un comportamiento bimodal con dos picos máximos, el primero en mayo y el segundo pico en el mes de octubre. EL primer periodo de lluvias registrado en la estación Villa Luisa se

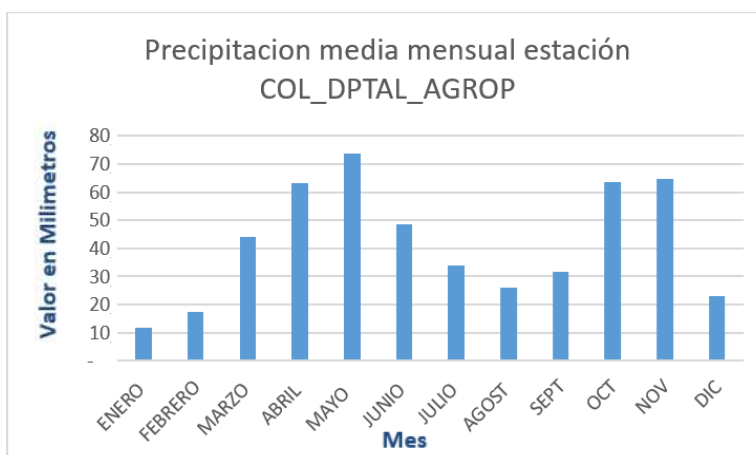
encuentra entre los meses de mayo, Julio y junio con precipitaciones por encima de los 100 mm y no mayores a los 130 mm. Los segundos periodos de mayores precipitaciones se presentan en los meses de octubre y noviembre con precipitaciones de 110 y 95 mm respectivamente. Los meses en que se presentan los registros mínimos de precipitaciones se presentan en el primer trimestre del año y en el mes de diciembre.



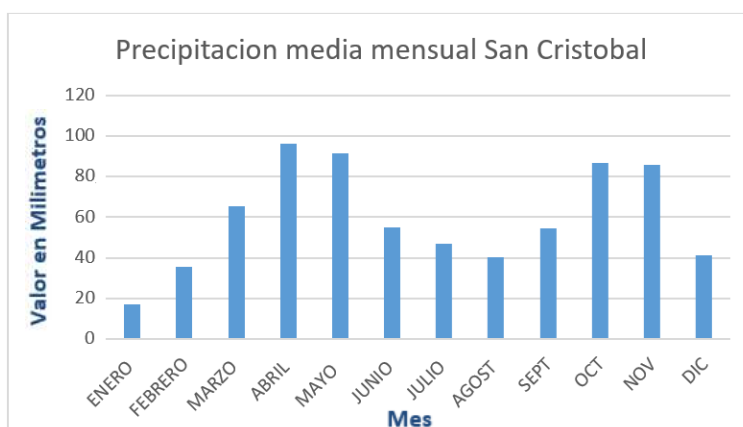
Aproximadamente 15 km al occidente del casco urbano de la ciudad de Tunja y a una altura de 2600 m.s.n.m, se encuentra la estación Villa Carmen en el municipio de Samacá en donde el análisis de los datos de precipitación arroja una gráfica con un comportamiento bimodal mostrando las mayores precipitaciones a partir del último mes del primer trimestre del año hasta el mes de mayo, con variaciones desde los 70 hasta los 97 mm cada mes. La segunda temporada de mayores precipitaciones del año ocurren en los meses de octubre y noviembre con valores de 97 y 93 mm respectivamente. En esta estación las temporadas de menores precipitaciones se presentan en junio, julio y agosto con valores inferiores a los 40 mm, la segunda temporada en que las precipitaciones son mínimas están entre los meses de diciembre a febrero. De esta forma se pueden ver de manera clara el comportamiento de las lluvias dividido en dos temporadas de lluvias y dos temporadas de menor precipitación.



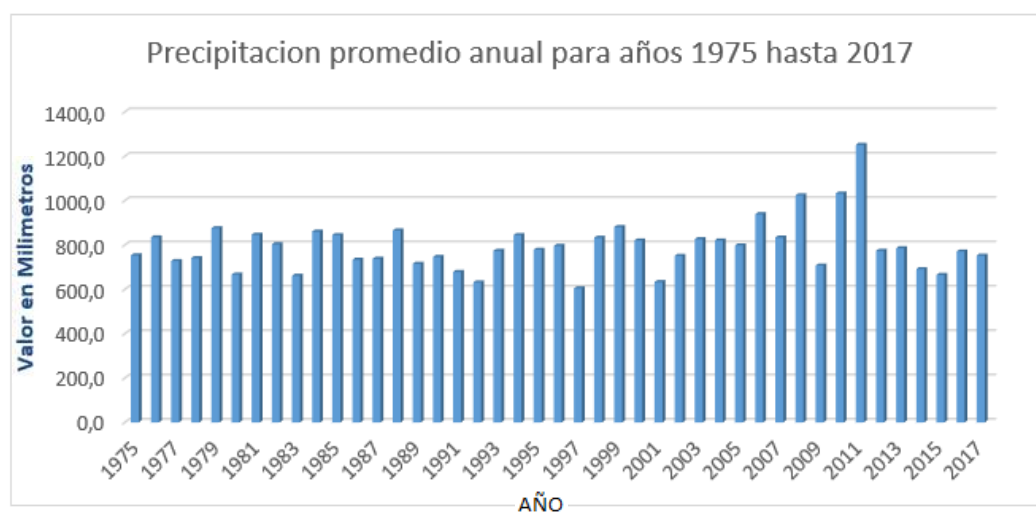
La estación ubicada en el municipio de Nuevo Colón, así nombrada, a 20 km de distancia del casco urbano de la ciudad de Tunja y a una elevación de 2438 m.s.n.m, registra los datos mostrados en la gráfica marcando un comportamiento mono modal debido a que solo se tiene un pico máximo en el mes de julio, y de esta manera presentando la época de lluvias en los meses de mayo, junio y julio con precipitaciones por encima de los 100 mm, los siguientes meses de agosto a noviembre presentan rangos importantes de precipitaciones pero con respecto al pico máximo son menores. La época de menores precipitaciones presenta desde el mes de diciembre hasta el mes de febrero en donde las precipitaciones máximas no superan los 32 mm. La estación Nuevo Colón es la única estación entre las utilizadas para el estudio que presenta comportamiento mono modal.



La estación del colegio departamental agropecuario ubicada 6 km al oriente del casco urbano de Tunja a una altura de 2900 m.s.n.m presenta un comportamiento bimodal marcando los meses de abril y mayo como los de mayores precipitaciones con valores de 63 y 73 mm respectivamente, y la siguiente temporada de mayores precipitaciones a lo largo del año son los meses de octubre y noviembre con precipitaciones similares como se puede observar en la gráfica. Como es tendencia a lo largo del análisis de las estaciones utilizadas para el área de estudio se puede evidenciar que los meses en que menos se presentan lluvias son los meses de diciembre a febrero, en donde los datos mostrados muestran que las lluvias no superan los 23 mm.



La estación San Cristóbal ubicada a 17 km al nororiente del casco urbano de la ciudad de Tunja y a una altura de 2700 m.s.n.m según el análisis de los datos hidrometereológicos presenta un comportamiento bimodal como la mayoría de las otras estaciones del área de estudio, marcando así una tendencia en los meses de mayores y menores precipitaciones. En esta estación los meses en que se presentan mayores precipitaciones son abril y mayo con valores de 96 y 91 mm respectivamente. El segundo periodo de lluvias del año son los meses de octubre y noviembre, en donde las precipitaciones son menores que la primera etapa del año, con valores de 86 y 85 mm respectivamente. Como se ha mencionado anteriormente en el análisis de las anteriores estaciones de la zona de estudio, la tendencia marca los meses de diciembre, enero y febrero como los meses de menor precipitación donde no superan los 42 mm.



El análisis de los datos de las estaciones para el estudio de la zona de estudio se toma desde el año 1975.

La figura de precipitación promedio anual, permite observar el comportamiento histórico de la precipitación para los últimos 42 años, el cual indica que, con excepción del año 2011, la precipitación anual no supera los 1000 mm. Dicho año Tuvo un registro histórico en los valores de precipitación (1250 mm), asociado a la ocurrencia del fenómeno de la niña en el país (ref-ideam); como consecuencia de ello se afectaron cerca de 15 barrios, registrando más de 500 familias damnificadas. *Fuente de la noticia Vanguardia.com*

El año 1997 se muestra como el año en el que menos cantidad de lluvia se ha precipitado sobre el casco urbano, con un valor de apenas 604,3 mm.

2011	Amazonia			Andina			Caribe			Orinoquia			Pacífico		
	Por debajo de lo normal (< 90%)	Normal (90-110%)	Por encima de lo normal (> 110%)	Por debajo de lo normal (< 90%)	Normal (90-110%)	Por encima de lo normal (> 110%)	Por debajo de lo normal (< 90%)	Normal (90-110%)	Por encima de lo normal (> 110%)	Por debajo de lo normal (< 90%)	Normal (90-110%)	Por encima de lo normal (> 110%)	Por debajo de lo normal (< 90%)	Normal (90-110%)	Por encima de lo normal (> 110%)
Enero	39	33	28	42	24	34	27	17	56	5	11	84	16	21	63
Febrero	56	36	7	7	13	80	22	26	51	34	36	30	29	23	48
Marzo	10	47	43	8	14	78	2	3	95	33	29	38	23	20	57
Abril	8	41	51	1	4	95	24	15	62	0	4	95	8	26	66
Mayo	0	8	92	24	26	51	14	17	70	1	11	88	48	38	14
Junio	4	27	69	18	31	50	12	21	67	52	38	10	31	32	37
Julio															
Agosto															
Septiembre															
Octubre															
Noviembre															
Diciembre															

Tabla 21. Porcentajes de territorio afectado por lluvias excesivas, normales o deficitarias. En sombreado amarillo o azul se destacan los casos en que el territorio afectado es mayor al 50 % Fuente: IDEAM, 2011

6.2.11 PRECIPITACIÓN MEDIA POR MÉTODO DE LAS ISOYETAS

Cuando en una región determinada se cuentan con pocos datos, o estos se encuentran fuera del área de estudio, pueden ser útiles mapas regionales de valores medios de estos elementos, generando contornos de isolneas y mediante los valores medios, determinar los valores de precipitación, escorrentía y evaporación.³³

Área (km ²)	Isoyeta	Prec. Media*Área (mm*Km ²)
1,294	570	737,58
3,402	590	2007,18
5,305	610	3236,05
7,335	630	4621,05
9,478	650	6160,7
14,192	670	9508,64
19,433	690	13408,77
3,638	710	2582,98
9,375	710	6656,25
8,476	730	6187,48
8,051	750	6038,25
7,859	770	6051,43
5,024	790	3968,96
0,942	790	744,18
0,519	810	420,39
0,382	810	309,42
0,046	830	38,18
104,751	12110	72677,49

Tabla 22. Isoyetas para la zona de estudio. Fuente El estudio

³³ (Fajardo , 2016)

	Lado	Lado	Área Km2
Recuadro de estudio	9,7	10,8	104,751
	Precipitación media (mm)		693,812

$$P_m = \frac{(P_{media} * Area)_{total}}{Area_{total}}$$

$$P_m = \frac{72677,49 \text{ mm} * \text{Km}^2}{104,75 \text{ Km}^2}$$

$$P_m = 693,812 \text{ mm}$$

$$P_m = 693,812 \text{ mm}$$

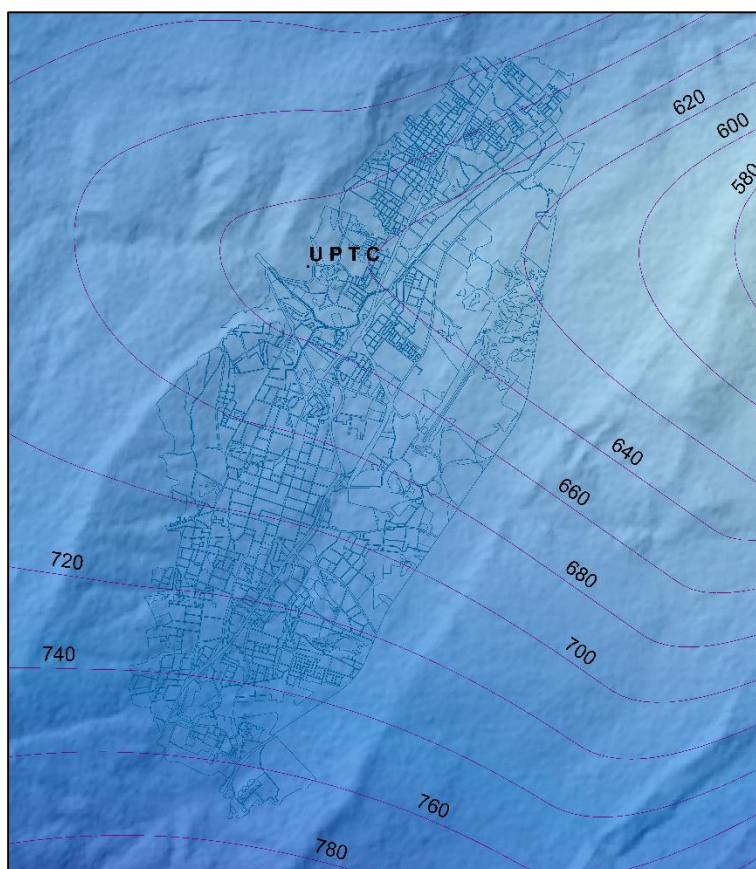


Figura 34. Mapa de precipitación en el área de estudio. Fuente. El Estudio

6.2.12 TEMPERATURA

De acuerdo con los datos obtenidos de las estaciones hidrometereológicas los valores de temperatura media promedio multianual la zona de estudio se encuentra en un promedio de 23° – 26,87° Celsius, correspondiendo la zona norte como la de menor temperatura la cual sigue disminuyendo hacia la costa norte del país, aumentando gradualmente hacia el sur y hacia el oriente la temperatura correspondiendo a los llanos orientales.

Según el mapa de temperatura con datos registrados en las estaciones analizadas, la temperatura del área de estudio varía de los 22,67° – 24,35° Celsius aumentando la temperatura hacia el sureste.

Nro.	Estación	LATITUD	LONGITUD	Promedio temperatura máxima anual
1	VILLA LUISA	0525 N	7320 W	26,87°
2	U P T C	0533 N	7321 W	23,27°
3	VILLA CARMEN	0530 N	7329 W	23,29°
4	NUEVO COLON	0521 N	7327 W	25,56°
5	VILLA DE LEYVA	0539 N	7332 W	23°

Tabla 22. Estaciones utilizadas para el análisis de temperatura. Fuente El estudio

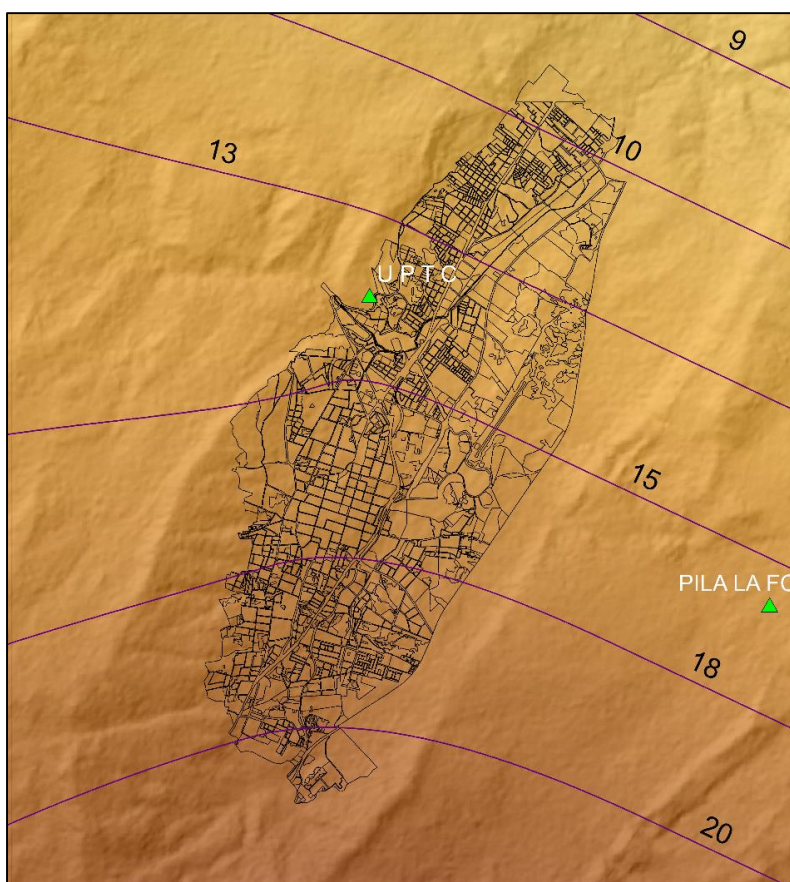


Figura 35. Mapa de Temperatura media en el área de estudio. Fuente. El Estudio

6.2.13 HUMEDAD RELATIVA

En este análisis se tienen valores en porcentaje, los cuales representan una relación entre la presión de vapor y la saturación, y tiene una afectación directa sobre la evaporación en el área de estudio, los datos tenidos en cuenta para este estudio corresponden a los promedios mensuales multianuales de las estaciones anteriormente mencionadas

De acuerdo a los datos obtenidos en las estaciones Villa Luisa, UPTC, Villa Carmen, Nuevo Colon y Villa de Leyva se determinó en el área de estudio un rango de humedad máximo de 80,25 % y valores

mínimos de 78,53%, donde el aumento de la humedad es en dirección suroriental donde se concentran los valores más altos.

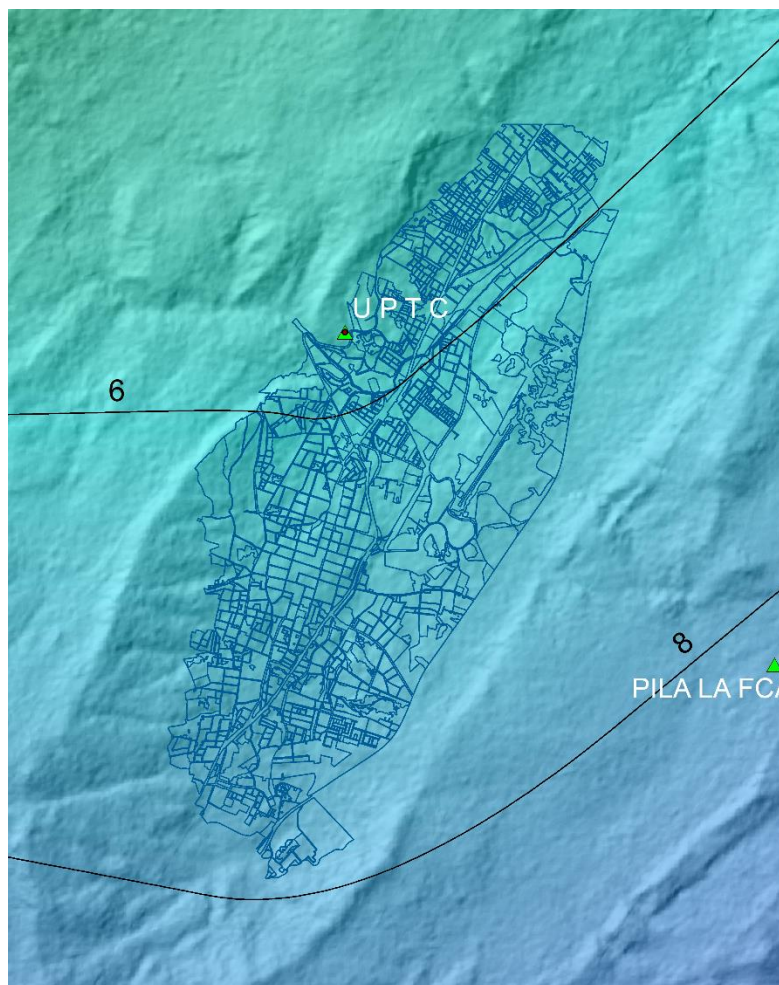


Figura 36. Mapa de humedad relativa en el área de estudio. Fuente. El Estudio

6.2.14 EVAPORACIÓN

La evaporación es un proceso físico que consiste en el paso lento y gradual de un estado líquido hacia un estado gaseoso, tras haber adquirido suficiente energía para vencer la tensión superficial.

³⁴

Se realizó la interpolación de los datos registrados por las estaciones analizadas en valor de milímetros, en intervalos anuales con el promedio multianual, el cual determinó que en la zona estudiada, se tiene un rango entre un valor mínimo correspondiente a 867,15 mm por año, y un valor máximo de 1266,33 mm por año, donde la evaporación tiene un aumento gradual de la zona suroriental del área de estudio, hacia el sector noroccidental, siendo este parámetro concordante con los cambios en los valores registrados de humedad relativa, temperatura y precipitación.

³⁴ (Fajardo , 2016)

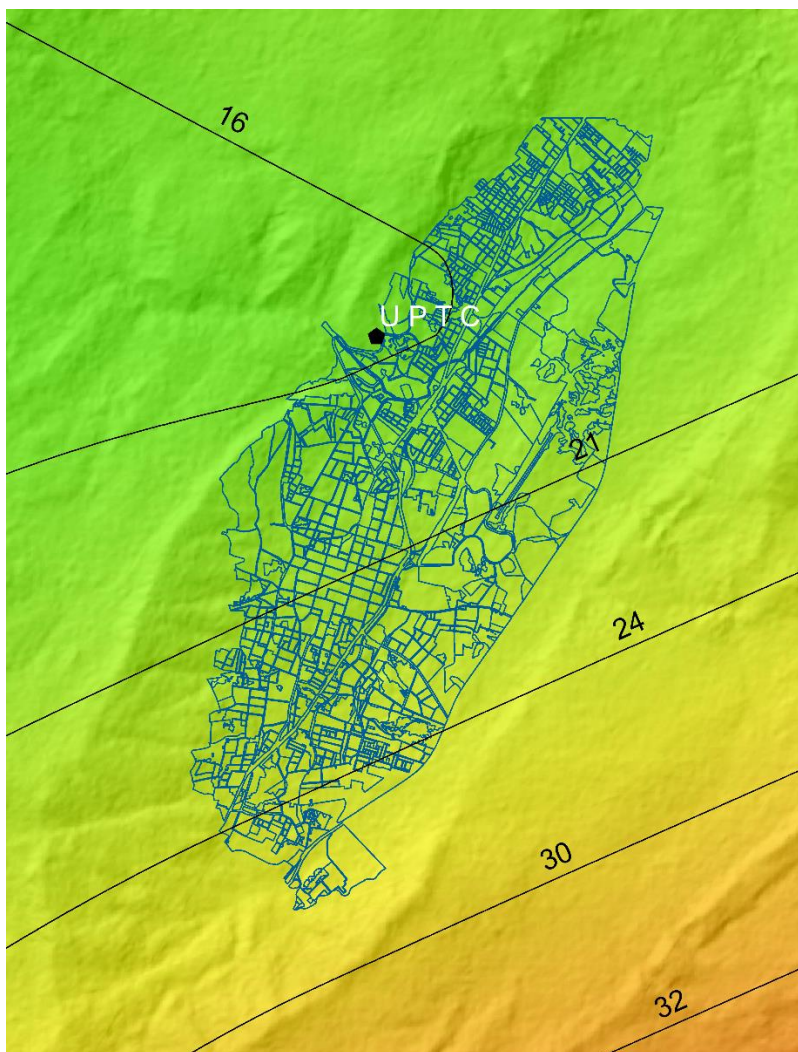


Figura 37. Mapa de evaporación en el área de estudio. Fuente. El Estudio

6.2.15 EVAPOTRANSPIRACIÓN

Se define como la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Se expresa en milímetros por unidad de tiempo.³⁵

Entre los diferentes métodos de determinación de la Evapotranspiración Potencial, existe el método según Thornthwaite, el cual está basado en la determinación de la evapotranspiración en función de la temperatura media, con una correlación en función de la duración astronómica del día y el número de días del mes.

³⁵ (Fajardo , 2016)

El método es muy empleado en hidrología y en la estimación de balances hídricos e Hidrología de cuencas, también es empleado en los índices y clasificaciones climáticas.³⁶ Thronthwaite propuso la fórmula:

1º) Se calcula un “índice de calor mensual” (i) a partir de la temperatura media mensual (t):

$$i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1,514}$$

2º) Se calcula el “índice de calor anual (I) sumando los 12 valores de i:

$$I = \sum i$$

3º) Se calcula la ETP mensual “sin corregir” mediante la fórmula:

$$ETP_{sin\ corr.} = 16 \left(\frac{10 \cdot t}{I} \right)^a$$

Donde:

- ETPsin corr = ETP mensual en mm/mes para meses de 30 días y 12 horas de sol (teóricas)
- t = temperatura media mensual, °C
- I = índice de calor anual, obtenido en el punto 2º
- a = 675. 10-9 I3 - 771. 10-7 I2 + 1792. 10-5 I + 0,49239

4º) Corrección para el nº de días del mes y el nº de horas de sol:

$$ETP = ETP_{sin\ corr.} \cdot \frac{N}{12} \cdot \frac{d}{30}$$

Donde:

- N = número máximo de horas de sol
- d = número de días del mes

Mediante este método, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) realizó el cálculo del parámetro de Evapotranspiración Potencial (ETP) de las estaciones en funcionamiento, ya sean de tipo pluviométrico, Limnimetrico o climatológico.

En la tabla presentada a continuación se muestra el cálculo de la ETP a partir de los datos de temperatura media del área de estudio, se muestra el cálculo del coeficiente i, ETP sin corregir y ETP corregida teniendo en cuenta el número de horas de luz en las estaciones, dato proporcionado por el IDEAM.

³⁶ (San Román, 2001) <https://fjferrer.webs.ull.es/Bibliog/Biblio/Evapotranspiracion.pdf>

	set	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	Total
temp	14,6	15	15,1	15	15,1	15,2	15,3	15,5	15,3	14,7	14,2	14,3	14,6	179,30
i	5,07	5,28	5,33	5,28	5,33	5,38	5,44	5,55	5,44	5,12	4,86	4,91	5,07	62,96
ETP sin corr	55,7	58,0	58,6	58,0	58,6	59,1	59,7	60,9	59,7	56,3	53,5	54,0	55,7	
nº días mes	30	31	30	31	31	28,25	31	30	31	30	31	31	30,0	
nº horas luz	9,94	9,68	10,2	12,15	13,6	12,4	10,6	8,82	8,81	8,79	9,75	9,82	9,9	
ETP corr.	46,2	48,3	49,8	60,7	68,6	57,6	54,5	44,8	45,3	41,2	44,9	45,7	46,2	607,5

$$a = 1,483546$$

ETP corregida = 607,5 mm

Tabla 23. Resultados ETP corregida y sin corregir. Fuente <http://hidrologia.usal.es>

Únicamente para la elaboración del mapa de evapotranspiración se utilizaron datos proporcionados por la alcaldía de Tunja, los cuales se presentan en la siguiente tabla:

Nro.	Estación	Evapotranspiración potencial (mm)
1	VILLA LUISA	993,4
2	U P T C	1104,4
3	VILLA CARMEN	1181,5
4	NUEVO COLON	1049,7
5	COL DPTAL AGROP	897,7
6	SAN CRISTOBAL	945,6
7	COMBITA	916,9
8	PANELAS	826,8
9	VILLA DE LEYVA	1236

Tabla 24. Estaciones interpoladas para el parámetro ETP media. Fuente el estudio

Se obtuvo como resultado el siguiente mapa mediante el cual se deduce que el valor de la evapotranspiración en el área oscila entre un valor mínimo de 829,189 mm/año hasta 1234,93 mm/año, observando un incremento espacial gradual desde la zona nororiental (tonalidad verde) hacia la zona suroccidental (tonalidad naranja).

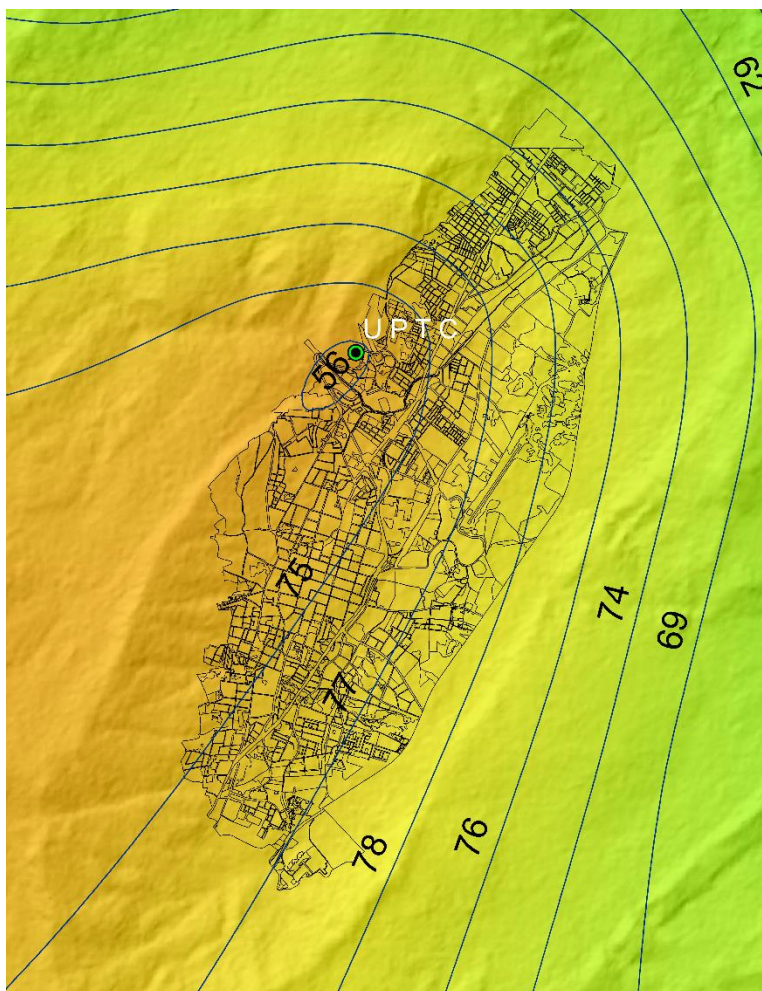


Figura 38. Mapa de evapotranspiración en el área de estudio. Fuente. El Estudio

6.2.16 ESCORRENTÍA (Q)

Se llama escorrentía a la corriente de agua que se vierte al rebasar su depósito o cauce naturales o artificiales. En hidrología la escorrentía hace referencia a la lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje, es decir la altura en milímetros del agua de lluvia escurrida y extendida. Normalmente se considera como la precipitación menos la evapotranspiración real y la infiltración del sistema suelo.³⁷

Para la determinación de la escorrentía se optó por la utilización del método del número de curva CN (Soil Conservation Service) donde se propone la siguiente formula:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)}$$

- P: Precipitación promedio mensual de la cuenca.

³⁷ (Fajardo , 2016)

- S: Capacidad potencial de lluvia

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Conociendo los valores promedios de precipitación multianual en periodos mensuales de las estaciones analizadas es necesario conocer el valor ponderado de CN permitiendo así llegar finalmente al cálculo de escorrentía.

La determinación del valor CN se realizó mediante la utilización de mapas de cobertura vegetal, usos del suelo y características de estos, las cuales se relacionan con valores determinados en tabla de CN para el cálculo de la escorrentía

Los valores de CN en el área de estudio fueron relacionados con la tabla 11, donde además de los descritos en esta, fue necesario tener en cuenta las zonas de tejido urbano continuo correspondiente a la ciudad de Tunja, donde la metodología Soil Conservation Service (SCS) determina que “Para estandarizar estas curvas, se definió un número adimensional de curva CN, tal que $0 \leq CN \leq 100$.”

En la figura 37 se puede observar la concordancia de la escorrentía con los picos de precipitación de la figura 31 correspondiente a la estación UPTC; de igual forma en el mayor número de estaciones el comportamiento es similar al descrito, donde los valores máximos se concentran desde los meses de abril a mayo y de octubre a noviembre teniendo valores cercanos a cero en el mes de enero.

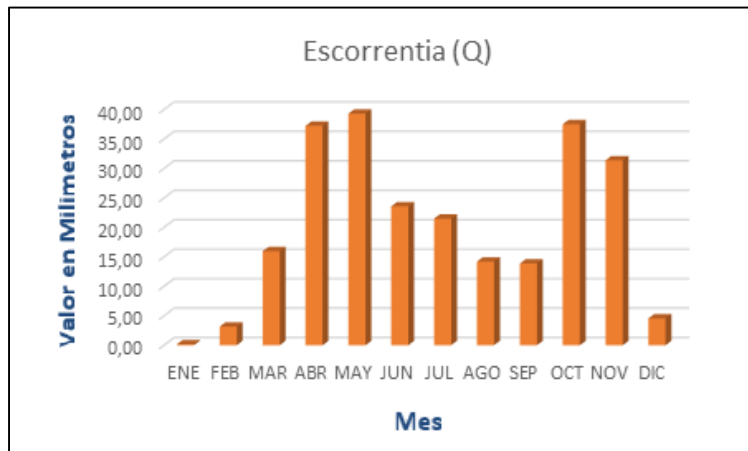


Figura 39. Escorrentía (Q) para el área de estudio. Fuente. El Estudio

6.3 BALANCE HIDRICO

Una vez determinados los parámetros correspondientes a la cantidad de agua que recoge esta zona, y los factores que intervienen en la acumulación o salida del recurso hídrico del sistema, es posible conocer la condición hidrológica del sector.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
Precipitación (mm)	18,46	31,96	58,28	89,41	92,14	70,24	67,08	55,29	54,74	89,77	81,44	35,76	693,81
CN	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81
S	74,53	74,53	74,53	74,53	74,53	74,53	74,53	74,53	74,53	74,53	74,53	74,53	74,53
ETP	68,59	57,55	54,52	44,75	45,31	41,23	44,89	45,69	46,15	48,34	49,79	60,68	607,50
$(P-0,2S)^2$	12,62	290,94	1881,62	5551,00	5965,21	3061,91	2722,14	1630,80	1586,95	5604,63	4427,32	434,75	460910,64
$P+0,8S$	78,08	91,59	117,91	149,04	151,76	129,86	126,70	114,91	114,37	149,39	141,07	95,38	753,43
Escorrentía (mm)	0,16	3,18	15,96	37,25	39,31	23,58	21,48	14,19	13,88	37,52	31,38	4,56	611,75
Déficit	-50,30	-28,77	-12,19	7,41	7,52	5,43	0,70	-4,59	-5,29	3,91	0,27	-29,48	-525,44
Infiltración(mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla 25. Valores de Escorrentía (Q), déficit e infiltración para el área de estudio.
Fuente. El Estudio

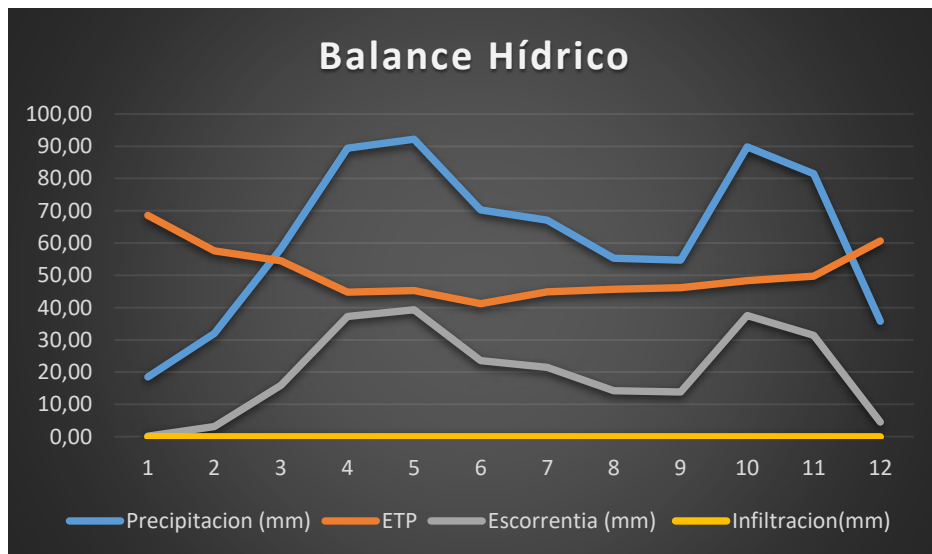


Figura 40. Balance hídrico para el casco urbano de Tunja. Fuente. El Estudio

Se determinó que no existe recarga de acuíferos correspondiente al casco urbano, valor lógico debido a la existencia de tejido urbano en la mayor parte de la zona de estudio. El valor de precipitación equivalente a 611 mm/año de agua son llevados por escorrentía, se registran recargas desde el mes de abril y condición de déficit en los meses de enero, febrero, marzo agosto, septiembre y diciembre, debido a que las precipitaciones medias mensuales de estos meses no cumplen con las necesidades registradas de ETP y escorrentía del área.

CONCLUSIONES

1. Las principales amenazas geológicas que afectan a la ciudad de Tunja son los MRM y las inundaciones.
2. De acuerdo con estudios de MRM realizados por el Servicio Geológico Colombiano, la capital del departamento se encuentra zonificada en un nivel medio-alto y mediante el aporte realizado en la práctica profesional se evidenciaron un total de nueve fenómenos de remoción en masa en donde hay mayor número de casos de caída de rocas y detritos, de los cuales el 55% representan un nivel de riesgo bajo y el 45% un nivel alto según la clasificación dada por el formato SIMMA.
3. Existe una relación directa entre la mayor frecuencia de la caída de rocas y detritos con la litología de la formación Bogotá (Tb) y con la intervención antrópica de los cortes viales, confirmado así en las visitas realizadas donde se observaron cantos y bloques a la vista que predominan de mayor forma en los taludes de vía.
4. Las zonas erosivas tipo cárcava son un problema de importancia en la capital del departamento las cuales se encuentran en un nivel de desarrollo avanzado. Espacialmente se encuentran ubicadas en su mayor parte en los flancos derecho e izquierdo de la ciudad como también en su parte central, mientras que geológicamente se desarrollan principalmente en la formación Bogotá con 80% del total de las zonas de cárcava encontradas. De la misma forma se desarrollan en la formación Tilatá (Tst) y Guaduas (Ktg) con 8% cada una y por último un total de 4% para la formación Labor y tierna (Kg1).
5. Las visitas técnicas realizadas por la Secretaría de Infraestructura en la situación particular que entran en conflicto 2 partes, tiene como función emitir un concepto técnico sobre el problema de afectación y de esta manera contribuir a la solución de dicha situación como ocurre comúnmente en construcciones aledañas a viviendas.
6. La realización del mapa de cobertura vegetal y uso de suelos del casco urbano de Tunja, ayuda a comprender de una mejor forma la composición actual de características cuantitativas y cualitativas del territorio, siguiendo la guía del Servicio Geológico Colombiano y mediante tablas, trabajo estadístico se representa la composición y cantidad y clasificación de la cobertura de la zona de estudio hasta el nivel 3.
7. Mediante el balance hídrico se determinó que no existe recarga de acuíferos correspondiente al casco urbano, valor lógico debido a la existencia de tejido urbano en la mayor parte de la zona de estudio y a la presencia de estratos arcillosos de las formaciones presentes que impiden la infiltración del agua. Dichas condiciones facilitan que el agua de las precipitaciones equivalentes a 693,11 mm/ año sean llevados por escorrentía, se registran recargas desde el mes de abril y condición de déficit en los meses de enero, febrero, marzo agosto, septiembre y diciembre, debido a que las precipitaciones medias

mensuales de estos meses no cumplen con las necesidades registradas de ETP y esorrentía del área.

8. La capital del departamento se encuentra sobre el sinclinal de Tunja, de esta forma mediante interpretación fotográfica se puede observar que el eje de dicho sinclinal se encuentra ubicado paralelamente y a muy poca distancia de la avenida norte de la ciudad. Esta aclaración es fundamental para entender lo que ocurre en temporadas de lluvias; cuando se presentan precipitaciones largas e intensas el agua proveniente de los flancos, especialmente del derecho, por acción de la gravedad y la pendiente misma de esta parte desemboca en el eje del sinclinal (Avenida norte) y de esta forma ocurren las inundaciones en los barrios cercanos como lo son el barrio Santa Inés, Fuente Higueras, Dorado, Muiscas.
9. Los insumos realizados son base fundamental para la zonificación de amenazas por inundaciones debido a que, ya conociendo las coberturas y usos del suelo presentes en la zona de estudio, se puede avanzar de inmediato a la fase de perforaciones para conocer los niveles freáticos en las diferentes partes de la ciudad, dictado así por el Servicio Geológico Colombiano.
10. Finalmente, la anterior práctica profesional fue una experiencia de aprendizaje, medición y puesta en práctica del conocimiento adquirido en el pregrado de ingeniería geológica y de igual manera un complemento de conocimientos de campo, sistemas de información geográfica y una herramienta valiosa para construir lazos profesionales con otras personas.

BIBLIOGRAFIA

GUÍA METODOLÓGICA PARA ESTUDIOS DE AMENAZA VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA. SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO 2015.

LEYENDA NACIONAL DE COBERTURAS DE LA TIERRA Metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia Escala 1:100.000

TIPOS DE ROTURA EN LADERAS Y TALUDES. Jordi Corominas Doctor en Ciencias Geológicas. Catedrático de Ingeniería Geológica en la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña.

ESTUDIOS DE AMENAZA Y MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA, VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL Y EVALUACIÓN DE ESCENARIOS DE DAÑO. Microzonificación sísmica preliminar de Tunja. Resumen ejecutivo 2000. Instituto geofísico Universidad Javeriana. Consultoría Colombiana.

PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO AMBIENTAL DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA. CORPOBOYACÁ Ana Elvia Ochoa Jiménez, Directora. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA – Sede Bogotá INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES IDEA.

EVALUACIÓN GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA Y CARACTERIZACIÓN GEOTECNICA DEL DESLIZAMIENTO EL CAIRO EN EL MUNICIPIO DE SAN LUIS DE GACENO EN LA JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR). OMAR EDUARDO FAJARDO FONSECA.

ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL SISTEMA FISICO – BIOTICO (BOYACÁ-BOYACÁ).

CONCEPTOS BÁSICOS DE MORFOMETRÍA DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS. BENJAMÍN LUX CARDONA1.

LISTA DE ANEXOS DIGITALES

Anexo A. MAPAS TEMATICOS:

- MAPA DE COBERTURA VEGETAL
- MAPA DE USO DEL SUELO
- DIGITALIZACIÓN DE UNIDADES GEOTECNICAS
- MAPA DE RETENCIÓN POTENCIAL
- MAPA DE NUMERO DE CURVA “CN”
- MAPA DE EVAPORACIÓN
- MAPA DE EVAPOTRANSPIRACIÓN
- MAPA DE HUMEDAD RELATIVA
- MAPA DE TEMPERATURA
- MAPA DE PRECIPITACIÓN

Anexo B. FORMATOS DE CAMPO SIMMA.

Anexo C. INVENTARIO FOTOGRÁFICO DE LAS ZONAS DE INESTABILIDAD GEOLÓGICA (SIMMA)

Anexo D. INVENTARIO FOTOGRÁFICO DE ZONAS EROSIVAS Y-O CÁRCAVAS

